

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra telekomunikační techniky

Realizace úlohy – Vystrojování optických rozvaděčů

**Laboratory measurement design – Equipment of optical
switchboards**

Rok 2011

Bc. Vlastimil Chytil



Zadání diplomové práce



Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a internetové odkazy, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě

.....
Podpis studenta

Abstrakt a klíčová slova

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou optických rozvaděčů a jejich vystrojování. Práce je rozdělena do dvou částí: teoretické a praktické. V teoretické části byly popsány typy některých na trh dodávaných rozvaděčů, a dále materiálů potřebných pro jejich vystrojení – optických kazet pro uložení spojů (svarů, spojek), konektorů a v nich použitých ferulí, pigtailů, adaptérů a optických patchcordů. Pro praktickou část bylo nutné zvolit postup vystrojování optického rozvaděče. Po úvaze jsem zvolil následující postup – uložení kabelu v optickém rozvaděči, navinutí vláken v optické kazetě, vytvoření dvou spojů pomocí mechanických spojek (FibrLock, kapilára) a 4 svarů vlákno – pigtail, prověření těsnosti spojů pomocí lokátoru chyb, uložení spojů v optické kazetě, zasunutí pigtailů do adaptérů. Následně byla na tomto pracovišti provedena realizace úlohy. Na základě získaných znalostí z teoretické části a dovedností z praktické části diplomové práce byl vypracován návod pro laboratoře posluchačů.

In my thesis I deal with the issue of optical cabinets and their fabrication. The work is divided into two parts: a theoretical and a practical one. In the theoretical part I was concerned with the description of the types of some of the supplied switchboards and materials needed for their fabrication. These include optical cartridges for the storage of joints (splices, couplings), connectors and the ferrules used in them, pigtails, adaptors and optical patchcords. As for the practical part, it was necessary to choose a method for the fabrication of the optical switchboard. After consideration, I chose the following procedure: storing the cable in the optical cabinet, winding-up of the cables in the optical cartridge, creating of two joints by mechanical couplings (FibrLock, capillary) and 4 fibre welds – pigtail, check of the tightness of joints with an error locator, storage of the joints in the optical cartridges and plugging of the pigtails into the adaptors. Subsequently, the realization of the given task was carried out in this workroom. On the basis of the acquired knowledge from the theoretical part and the skills gained from the practical part, I have drawn up an instruction for the student laboratories.

Klíčová slova

Optické vlákno, optický rozvaděč, optické konektory, optické pigtaily, optické adaptéry, mechanické spojky, kapilára, svařování, spojkování, útlum.

Optical fiber, optical switchboard, optical joints, optical pigtails, optical adaptors, mechanic joints, capillary, fusing, splicing, attenuation.



Seznam použitých symbolů a zkratk

Ø	průměr
APC	Angle Physical Contact (leštění na úhlovém fyzickém kontaktu, pod úhlem 8°)
APD	lavinová fotodioda (Avalanche Photo Diode)
BTFS	směrový optický vazební člen (Biconical Taper Fused Silica Coupler)
dBr	jednotka relativní výkonové úrovně L_r
Duplex	obousměrné spojení, při kterém mohou data putovat oběma směry současně
ID	vnitřní průměr ferule v [mm]
IP20, IP68	IP krytí
FTTD	optická přístupová síť (Fiber-To-The-Desk)
FTTH	optická přístupová síť, která vede optický signál od poskytovatele služeb až do zákaznických přípojek (Fiber-To-The-Home)
LAN	lokální síť (Local Area Network)
MM	mnohomódové vlákno
NPC	Non Physical Contact (kolmé zabroušení)
OD	vnější průměr ferule v [mm]
Patchcord	propojovací kabel
PC	Physical Contact (leštění na fyzickém kontaktu, sférické zabroušení)
SAN	dedikovaná datová síť pro připojení externích zařízení k serverům (Storage Area Network)
SFF	faktor zkrácené formy (Small-Form-Faktor)
SI, SM	jednomódové vlákno
Simplex	obousměrné spojení, při němž v jednom časovém okamžiku jedna strana vysílá a druhá přijímá, a tyto role se střídají
SPC	Super Physical Contact (leštění na super fyzickém kontaktu)
UPC	Ultra Physical Contact (leštění na ultra fyzickém kontaktu)
WDM	vlnový multiplex



Obsah

Úvod	8
1.1 Cíle diplomové práce	9
2 Rozvaděče	10
2.1 19" rozvaděče	10
2.1.1 Rozvaděče firmy CONTEG spol. s.r.o.	10
2.1.2 Rozvaděče firmy TRITÓN spol. s.r.o.	11
2.2 Optické rozvaděče	12
2.2.1 19" optické vany	12
2.2.2 Nástěnné optické rozvaděče	19
2.4 Dílčí závěr	21
3 Příslušenství	22
3.1 Ferule pro konektory optických vláken	22
3.2 Konektory optických vláken	23
3.2.1 SC konektory	23
3.2.2 FC konektory	24
3.2.3 ST konektory	24
3.2.4 MU konektory	25
3.2.5 LC konektory	25
3.2.6 E2000 konektory	26
3.2.7 MT-RJ konektory	26
3.3 Adaptéry optických vláken	27
3.3.1 SC adaptéry	27
3.3.2 FC adaptéry	27
3.3.3 MU adaptéry	28
3.3.4 LC adaptéry	28
3.3.5 ST adaptéry	28
3.3.6 MT-RJ adaptéry	29
3.3.7 E2000 adaptéry	29
3.4 Patchcordy a pigtaily	29
3.4.1 Patchcordy	29
3.4.2 Pigtaily	31



3.5 Optické kazety s příslušenstvím	31
3.6 Dílčí závěr	32
4 Vystrojení optického rozvaděče	33
4.1 Příprava jednotlivých komponentů a přístrojů	33
4.2 Svařování, spojování	34
4.3 Kompletace optického rozvaděče	38
4.4 Proměření průchodnosti trasy	41
4.4.1 Přímá metoda	42
4.4.2 Metoda zpětného rozptylu (OTDR)	44
4.5 Dílčí závěr	46
5 Návrh pracoviště a laboratorní úlohy	48
Závěr	52
Literatura	54
Přílohy	55

Úvod

Přenosovým mediem pro optickou síť je optické vlákno. Jeho úkolem je dopravit optický výkon nesený světelným paprskem od zdroje (zářiče) k cíli (detektoru) s co nejnížší ztrátou. Optická vlákna jsou velmi jemná a choulostivá na mechanické namáhání a ohyby, takže jsou sdružována do kabelů. Je mnoho konstrukcí vzájemně se lišících jak použitým pláštěm, tak počtem vláken a systémem jejich uložení. Některé jsou vhodnější pro vnitřní použití (jsou slabší, ohebnější), jiné pro venkovní použití (zesílená konstrukce, přidání tahových prvků apod.) nebo pro pokládku do země či zatahování do chrániček. Uvnitř kabelu vedou jednotlivá optická vlákna o tloušťce 125 μm obalená primární izolací. Vláknem s touto primární ochranou má průměr 250 μm [4].

Vlastní vlákno se skládá z jádra (core; zde se liší MM a SM vlákna) a pláště (cladding). Zatímco SM vlákno obsahuje jádro o průměru 9 μm , u MM vlákna má jádro průměr 50 nebo 62.5 μm . Plášť doplňuje zbylý prostor do průměru 125 μm . Když je porovnáme, zjistíme, že čím je užší jádro, tím je silnější plášť, tj. $(125-9):2 = 58\mu\text{m}$, $(125-50):2 = 37.5\mu\text{m}$, $(125-62.5):2 = 31,25\mu\text{m}$. Dalo by se říci, že čím je slabší jádro a silnější plášť, tím je optický výkon přenesen na větší vzdálenost, což není tak docela pravda, protože závisí na způsobu šíření paprsku vláknem, respektive na jeho chování při přechodu mezi jádrem a pláštěm, tzv. indexu lomu (refraction index). U MM vláken rozlišujeme vlákna se stupňovitým indexem lomu (step index) a gradientním indexem lomu (graded index). Jestliže je průměr jádra 50 nebo 62.5 μm , jde o vlákno, které je schopné přenášet více vidů, módů, jejichž počet je závislý na vlnové délce světla. Typickou vlnovou délkou těchto vláken je 850nm pro gigabitové aktivní prvky a 1310nm pro 100Mbitové aktivní prvky. Technologie používající MM vlákna je levnější, protože používá jako generátor světla LED, ale umožňuje využití pouze do vzdálenosti cca 2km [4, 11].

Rychlost přenosu je závislá na šířce pásma přenosového kanálu, respektive na rozsahu frekvencí, které je tento kanál schopen přenést. V dnešní době lze pomocí WDM dosáhnout při 160ti kanálech po 40Gbps rychlosti 6.4Tbps. Vysoká přenosová kapacita, takřka nulová možnost rušení ani přeslechů mezi kanály, galvanické oddělení zdroje a cíle a tudíž neexistence elektrických potenciálů stejně jako vysoká bezpečnost provozu zaručují dlouhou morální životnost těchto vedení. Klesající cena optických kabelů i komponent posunuje rozvody z optických vláken z původně dálkových nebo páteřních spojů stále více do „středu dění“ a jejich použití se stává stále častější i pro budování lokálních sítí nově nazývaných FTTH nebo FTTH. Optické sítě jsou nejperspektivnějšími a nejrychlejšími komunikačními sítěmi, které jsou nasazovány na všech meziměstských, mezinárodních i transkontinentálních spojích [11].

Spojování a rozpojování optických (metalických) kabelů umožňují optické (hybridní) rozvaděče, které zabezpečují také mechanickou ochranu spojů. Rozvaděče jsou nabízeny v široké škále provedení (na zeď, na sloup, pod omítku, samostatně stojící sloupek, montáž do datové skříně) a umožňují uložení celé škály optických konektorů (svárů) v kapacitě od 2 do 1920 optických konektorů [4].

Prakticky je konektor modulem umožňujícím přesné vymezení a zafixování jádra vlákna proti vysílací či přijímací diodě zařízení. Konektor lze na vlákno přidělat několika různými způsoby:

1. Svařováním (fusing) – k vláknu se přivaří tzv. pigtail – tato technologie garantuje nejnižší útlum a nejstabilnější vlastnosti. Nevýhodou je nutnost ne příliš levného vybavení a k dosažení dobrých výsledků i relativně vysoká zručnost a zkušenost technika.
2. Spojkováním (splicing) – stejný postup jako u svařování, ale rozdíl je v tom, že vlastní spojení se provede zasunutím obou vláken do spojky (trubičky s V-drážkou), jejich spojení dotykem a následující fixací této polohy. Vlastnosti tohoto spoje jsou přímo závislé na zručnosti technika. Tento spoj není díky konstrukci spojek tak stabilní a jeho útlum je obecně vyšší než při sváření.
3. Přímým konektrováním (hot-melt) – těchto technologií je více:
 - a) Prvním typem je systém zavedení vlákna do konektoru a jeho zafixování zalepením buďto tavným lepidlem nebo epoxidovým lepidlem – již se používá minimálně.
 - b) Druhým typem je fixace vlákna do konektoru mechanicky (crimping). Používají se dva druhy fixace. V prvním prochází vlákno skrz feruli konektoru, následně je zafixováno, zalomeno a broušeno. U druhého typu neprochází vlákno skrz, ale zalomené vlákno je zasunuto dovnitř konektoru do komůrky s gelem, kde je provedeno spojení a vlákno následně zafixováno. Tento princip je stejný jako u spojování [11].

1.1 Cíle diplomové práce

Pro vypracování diplomové práce jsem si zvolil následující cíle:

1. Popsat typy optických rozvaděčů.
2. Vystrojit optický rozvaděč vhodnými rozhraními.
3. Navrhnout pracoviště pro vystrojování optických rozvaděčů.
4. Vytvořit návod pro laboratoře posluchačů.

2 Rozvaděče

Optické (hybridní) rozvaděče umožňují spojování a rozpojování optických (metalických) kabelů a zabezpečují mechanickou ochranu spojů. Rozvaděče jsou nabízeny v široké škále provedení:

1. na zeď,
2. na sloup,
3. pod omítku,
4. samostatně stojící sloupek,
5. montáž do datové skříně

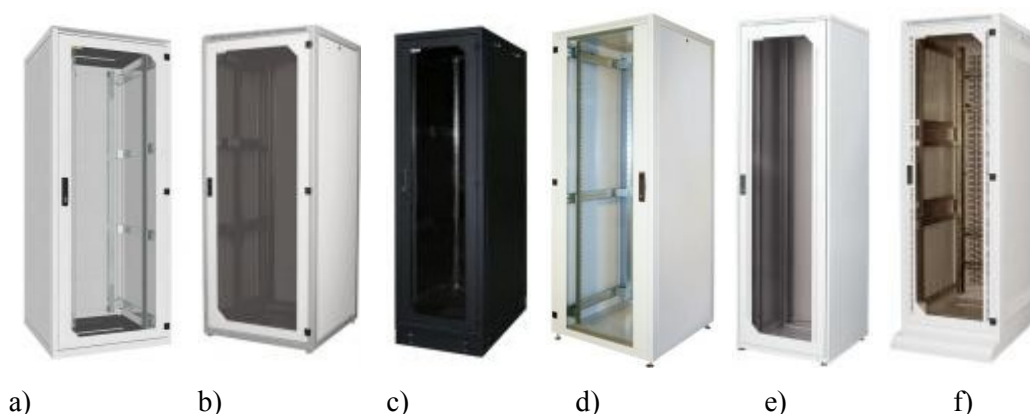
a umožňují uložení celé škály optických konektorů (svárů) v kapacitě od 2 do 1920 optických konektorů.

Optický rozvaděč je tedy určen k uložení spojů optických vláken, zakončení kabelů a přechodu z vláken na pigtaily nebo z kabelu na kabel. Montuje se do optických racků nebo jiného standardu a dodává se ve velikosti 19".

2.1 19" rozvaděče

2.1.1 Rozvaděče firmy CONTEG spol. s.r.o.

Stojanové rozvaděče lze umístit jako samostatně stojící, do serveroven i do datových center (lze je instalovat do řady). Rozvaděče jsou vhodné pro uložení všech typů aktivních a pasivních prvků. Bližší informace o jednotlivých typech rozvaděčů a jejich srovnání jsou zpracovány v kapitole Přílohy, viz Příloha 1.



Obr. 2.1 Stojanové rozvaděče řady: a) ROF, b) RMF, c) RHF, d) iSEVEN, e) REV, f) ROS [1, 4]

Nástěnné telekomunikační a datové rozvaděče jsou určeny pro instalaci patch panelů, aktivních prvků atd. Nabízejí základní úroveň přístupu k uložené technice a to předními dveřmi (rozvaděč má nedělenou konstrukci), anebo díky dělené konstrukci i zadní částí [1].



Obr. 2.2 Nástěnné rozvaděče řady: a) RON, b) ROD, c) RUN- RUD, d) REN [1]

2.1.2 Rozvaděče firmy TRITÓN spol. s.r.o.

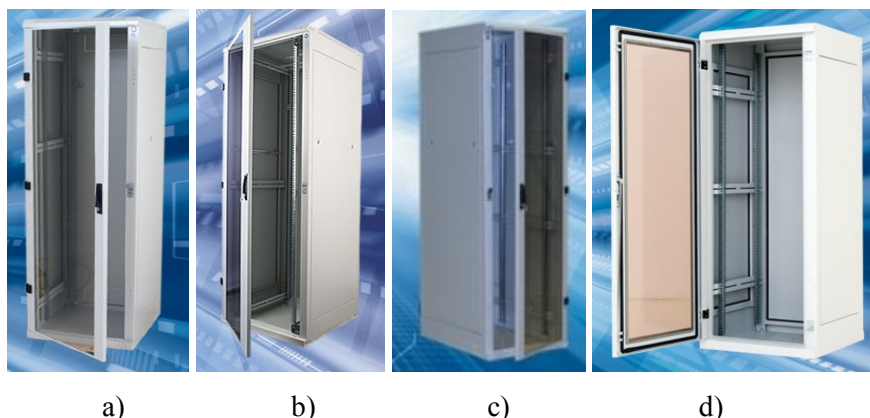
Stojanové rozvaděče TRITON se vyrábí v typových řadách Delta S, Delta RZ, Delta Q a Octagon. Z uvedených řad stojanových rozvaděčů lze vybrat vhodný produkt pro libovolnou aplikaci.

Delta S - jedná se o stojanový rozvaděč určený pro datové a telekomunikační rozvody. Díky propracované konstrukci je zvláště vhodný pro velké zátěže a náročné instalace [2, 3].

Delta RZ - rozebíratelný datový a telekomunikační rozvaděč se všemi vymoženostmi Delty S.

Delta Q - rozvaděč, který je vyvinut především pro velké zátěže, instalace serverů a dalších aktivních zařízení. Sestavy těchto zařízení běžně překračují hmotnost 400kg, a proto rozvaděč obsahuje konstrukční prvky dovolující užitečné zatížení až 800kg. Obsahuje standardní přípravu pro instalaci ventilačních jednotek TRITON do podlahy nebo stropu rozvaděče.

Octagon - netradičně řešený datový rozvaděč s osmiúhelníkovým půdorysem. Vnitřní rám je otočný, a proto má obsluha snadný přístup ke všem vnitřním komponentům i v omezených prostorových podmínkách. Speciální příslušenství tohoto datového rozvaděče umožňuje využít volné místo v rozích skříně [2].



Obr. 2.3 Stojanové rozvaděče řady: a) Delta S, b) Delta RZ, c) Delta Q, d) Delta RIE A1 [2, 3]

Mezi specifické rozvaděče patří datové rozvaděče **řady RIE s krytím IP 54**, jež jsou určeny pro ochranu zařízení zejména před škodlivými účinky vody a prachu. Díky propracované konstrukci je zvláště vhodný pro velké zátěže a náročné instalace v poměrně náročných průmyslových podmínkách. Všechny kabelové vstupy stejně jako jiné technologické otvory musí být provedeny a utěsněny odpovídajícím způsobem. Stupeň krytí značně ovlivňuje použitý těsnicí materiál, a proto firma Triton uvedla do provozu technologii pro nanášení pěnového těsnění [2, 3].

Nástěnné rozvaděče se vyrábějí v modifikacích Delta a jako 10" rozvaděče. Rozvaděče Delta jsou vyráběny jako – nedělené (Delta B, Delta U), dělené (Delta B) a Flat-pack (Delta X). 10" rozvaděče jsou určené především pro malé kanceláře a domácí použití [2, 3].



Obr. 2.4 Nástěnné rozvaděče: a) nedělené, b) dělené, c) Flat-pack, d) 10" rozvaděče [2, 3]

2.2 Optické rozvaděče

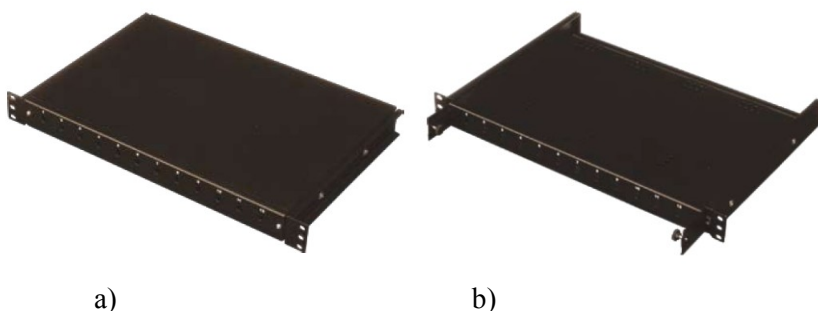
Optické rozvaděče se používají pro ukončení optických kabelů v rozvaděči a jejich spojení s různými prvky vnějšího prostředí - 19" optické vany, anebo k zakončení optických vláken mimo 19" rozvaděče a jejich spojení s různými prvky vnějšího prostředí - nástěnné optické rozvaděče a boxy. Současně s rozvaděči (vanami) v nabídce nalezneme i kompletní nabídku modulárních panelů a dalšího optického příslušenství.

2.2.1 19" optické vany

2.2.1.1 Optické vany od firmy CONTEG spol. s.r.o.

Standardní výška 1U je určena max. pro 24 pozic, přičemž dodávané počty otvorů jsou 8, 12, 16 a 24. Panely jsou dodávány v následujících variantách - ST, SC/E2000, FC, FCD (všechny 8, 12, 16 a 24 pozic) a DSC (8, 12 a 16 pozic). Rozvaděče (vany) jsou k dispozici ve verzi:

- Pevná verze – typ ORPM-01 (hloubka 300mm, robustnější provedení),
- Výsuvná verze – typ ORVM-01 (hloubka 320mm),
 - typ ORVE-01-250 (hloubka 250mm, vhodná pro nástěnné rozvaděče od hloubky 400mm) [1, 4].



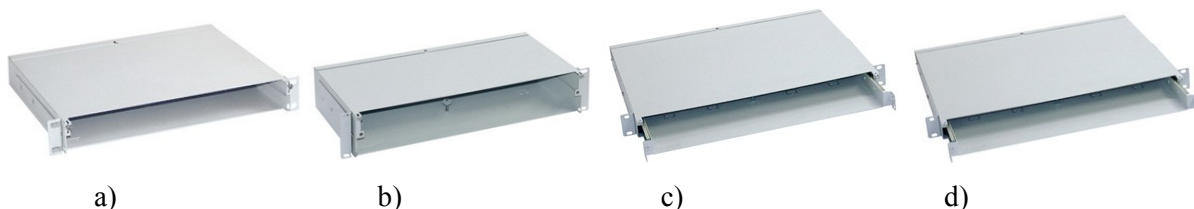
Obr. 2.5 Optické vany (s předním panelem): a) ORPM-01, b) ORVM-01 [1]

K vanám je dodáváno následující optické příslušenství:

- Optická kazety: ORO-K2000,
- Přední a zadní organizéry: přední - ORO-01 (ORPM), ORO-02 (ORVM); zadní - ORO-03 [1, 4].

2.2.1.2 Optické vany od firmy TRITÓN spol. s.r.o.

Optické vany o výškách 1U a 2U jsou plně univerzální, tj. použitelné pro všechny typy 19" rozvaděčů (nástěnných i stojanových), neobsahují optickou kazetu. Jsou dodávány ve verzích – pevná, výsuvná. Čelní panely jsou dodávány v následujících variantách – 1U pro 16 pozic (ST) [3] a 24 pozic (ST, SC, SC duplex), 2U pro 48 pozic (ST, SC) [2].



Obr. 2.6 Optické vany: a) pevná 1U, b) pevná 2U, c) výsuvná 1U, d) výsuvná 2U [2]

2.2.1.3 Optická vana DATACOM

Výsuvná optická vana 1U je plně univerzální, tj. použitelná pro všechny typy 19" rozvaděčů (nástěnných i stojanových), obsahuje optickou kazetu. Optické vany jsou standardně dodávány v provedení 16 nebo 24 pozic SC nebo ST [3].



Obr. 2.7 Optická vana s optickou kazetou 24xSC [3]

2.2.1.4 Optické vany HD-ODF

Optické vany poskytují vysokou hustotu portů (48xSC simplex/1U) se systémem bloků výklopných do strany. Patchcordové kabely jsou svedeny do boku do vertikálního kabelového kanálu, což šetří místo v 19" rozvaděči a zvyšuje celkově přehlednost instalace. Jsou dodávány ve variantách - 1U obsahuje 2x blok po 24 konektorech, tzn. celkem 48 konektorů (SC, LC, E2000), 2U pak 4x blok (96x simplex konektor). Vany HD-ODF jsou již předosazeny simplexními spojkami, obsahují kazety i hřebeny a součástí dodávky jsou i potřebné ochrany sváru a transportní trubičky pro vlákna [4].



Obr. 2.8 Optická vana HD-ODF [4]

- HD-ODF-48SC** – výška 1U, 48 SC portů (dvě sekce – každá 24xSC), předosazené SC/SC APC simplex adaptéry, hloubka 260mm.
- HD-ODF-96SC** – výška 2U, 96 SC portů (čtyři sekce – každá 24xSC), předosazené SC/SC APC simplex adaptéry, hloubka 260mm.
- HD-ODF-48LC** – výška 1U, 48 portů (dvě sekce – každá 12xLC/APC duplex), předosazené LC duplex adaptéry (zelené), hloubka 260mm.
- HD-ODF-96LC** – výška 2U, 96 portů (čtyři sekce – každá 12xLC/APC duplex), předosazené LC duplex adaptéry (zelené), hloubka 260mm.
- HD-ODF-48E2000** – výška 1U, 48 portů (dvě sekce – každá 24xE2000/APC), přibalené E2000/APC simplex adaptéry (R&M R504541), hloubka 260mm.
- HD-ODF-96E2000** – výška 2U, 96 portů (čtyři sekce – každá 24xE2000/APC), přibalené E2000/APC simplex adaptéry (R&M R504541), hloubka 260mm [4].

2.2.1.5 Optické vany ZCOMAX

Optický rozvaděč slouží k instalaci optických vláken na platformě 19" rozvaděčů. K osazení různými koncovkami je možné kombinovat rozvaděč a čelo optické vany. Standardní výška 1U je určena max. pro 24 pozic, přičemž dodávané počty otvorů jsou 12 a 24, výška 2U je dodávána s čelem pro 48 SC duplexních spojek. Rozvaděče jsou k dispozici v pevné a výsuvné verzi.

- Pevné optické rozvaděče** – 1U, bez optického čela,
– 2U, s optickým čelem pro 48 SC duplexních spojek.

- **FTTx**, verze 1U, bez optického čela, oko pro organizaci koncovek předkonektorovaných DROP tras, zadní vyvazovací lišta pro max. 24 kabelů DROP, kartáčová průchodka [4].

Pozn.: U 1U a 2U možnost instalace až 4ks kabelových průchodek.

- Výsuvný optický rozvaděč** – **1U**, bez optického čela, možnost instalace až 4ks kabelových průchodek.



Obr. 2.9 Optické vany: pevné: a) 1U, b) 2U, c) FTTx 1U; výsuvná: d) 1U [4]

Tab. 2.1 Typy a rozměry optických rozvaděčů ZCOMAX [4]

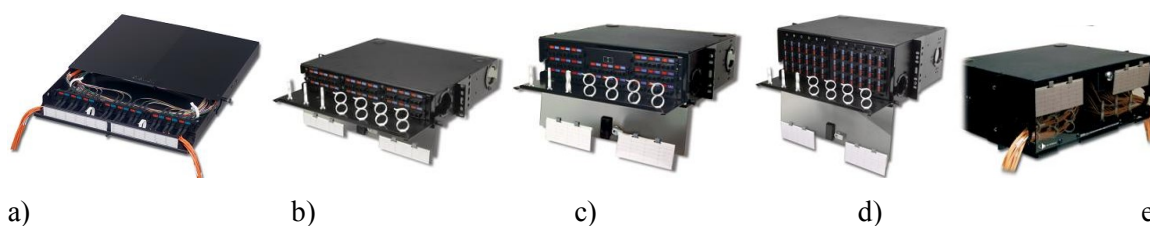
Verze	1U			2U
Typ	pevný	FTTx	výsuvný	pevný
Modularita	<ul style="list-style-type: none"> • ST 24x • 24 x SC/E2000 simplex, nebo 24x LC duplex • SC Duplex 12x • SC Duplex 24x 			<ul style="list-style-type: none"> • SC Duplex 48x

K vanám je dodáváno následující optické příslušenství:

- Čela k pevným a výsuvným vanám,
- Kabelové průchodky s IP68: PG9 (pro kabely o $\varnothing = 4,5-7\text{mm}$), PG11 (pro kabely o $\varnothing = 5-10\text{mm}$), PG16 (pro kabely o $\varnothing = 10-14\text{mm}$).

2.2.1.6 Optické vany SIEMON

SIEMON nabízí ucelené řešení modulárních optických van a nástěnných rozvaděčů pro každou aplikaci. Základním kamenem řady SIEMON LIGHTSYSTEM INTERCONNECT jsou QUICK-PACK moduly. QUICK-PACK moduly jsou v podstatě modulární konektorová čela shodného designu pro nástěnné i 19" rozvaděče řady RIC, FCP. QUICK-PACK moduly jsou dostupné v MM i SM variantách, a to s konektory typu ST, SC, LC a MT-RJ [4].



Obr. 2.10 Optické vany: a) FCP3, b) RIC3-24, c) RIC3-36; d) RIC3-48, e) RIC3-72 [4]

FCP řada – výška 1U, jsou určeny pro ukončení 6 až 72 vláken (při použití 3ks QUICK PACK modulů 24xLC):

- **FCP3** – a) výsuvná vana, včetně popisek a čelního managementu, příprava pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, 3 pozice pro "Quick pack" modulární konektorová čela, – b) pevná vana, příprava pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, 3 pozice pro "Quick pack" modulární konektorová čela [4].

RIC řada – výška 2U, 3U a 4U, jedná se o vany pro komunikační uzly s vysokým počtem optických vláken a konektorů - umožňují terminaci až 288 vláken (12ks QUICK PACK modulů 24xLC):

- **RIC3-24** - výška 2U, výsuvná zepředu i zezadu, uzamykatelná, včetně popisek, trn pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, 4 pozice pro "Quick pack" modulární konektorová čela, pro ukončení 24 až 96 vláken.
- **RIC3-36** – výška 2U, výsuvná zepředu i zezadu, uzamykatelná, včetně popisek, trn pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, 6 pozic pro "Quick pack" modulární konektorová čela, pro ukončení 36 až 144 vláken.
- **RIC3-48** – výška 3U, výsuvná zepředu i zezadu, uzamykatelná, včetně popisek, trn pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, 8 pozic pro "Quick pack" modulární konektorová čela, pro ukončení 48 až 192 vláken.
- **RIC3-72** – výška 4U, výsuvná zepředu i zezadu, uzamykatelná, včetně popisek, trn pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, 12 pozic pro "Quick pack" modulární konektorová čela, pro ukončení 72 až 288 vláken [4].

2.2.1.7 Optické vany R&M

Rozvaděče R&M vynikají nadstandardní výbavou a propracovaným systémem vyvazování kabelů a vláken. Vany standardních výšek 1U/2U dovolují ukončení až 96 vláken (metodou přímého konektorování či vaření), modulární vany 3U pojmu až 180 zakončení v závislosti na zvoleném typu konektoru (SC, SC-RJ, LC, ST, FC, E2000, E2000 Compact).

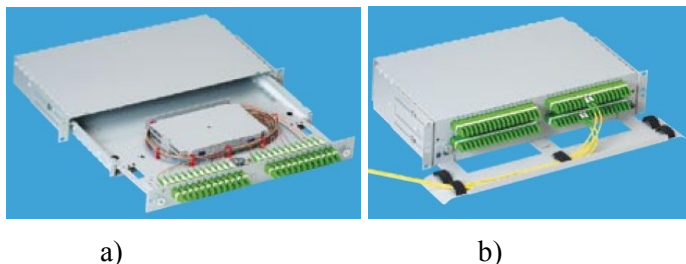
1U UniRack – výhody a základní vlastnosti rozvaděčů:

- až 24 konektorů na 1U,
- malá montážní hloubka 230 mm,
- plně kompatibilní (např. standard ETSI),
- vstupy kabelů na zadní nebo boční straně.

2U UniRack – výhody a základní vlastnosti rozvaděčů:

- až 96 konektorů (LC pigtailů) na 2U,
- malá montážní hloubka 230 mm,
- plně kompatibilní (např. standard ETSI),

- vstupy kabelů na zadní nebo boční straně [4].



Obr. 2.11 Optické vany: a) 1U UniRack, b) 2U UniRack [4]

2.2.1.8 Optické vany od firmy OPTOCON technologies

Optické rozvaděče se používají při ukončování optického kabelu navařením pigtailů. Jednotlivá vlákna optického kabelu s navařenými pigtaily jsou následně vyvedené do adaptéru ve stěně předního panelu. 19" rozvaděče vlastní výroby a konstrukce, ve vyhotoveních 1U a 2U, s volitelnými panely různého typu (SC, ST, FC, E2000, atd.) [6].



Obr. 2.12 Optický rozvaděč 2U [6]

Prázdný optický rozvaděč obsahuje konstrukci na upevnění optické kazety. Rozvaděč je řešený jako vysouvateľný, což znamená jednoduchý přístup do těla rozvaděče bez nutnosti demontáže rozvaděče z datové skříně. Přední panel rozvaděčů je odnímatelný. Dle požadavků je možné přední panel vyhotovit i s jiným počtem otvorů pro adaptéry. Rozvaděče se dodávají buď jako prázdné (bez výbavy) anebo s výbavou pro ukončení daného optického kabelu.

Používají se k ukončení optického kabelu ve vnitřních prostorech umístěním do datové skříně, jako uzel optické sítě, jako jednoduchá optická spojka v datové skříně.

1U XX – rozměr: 420 x 260 x 44 (standardní verze), 420 x 200 x 44 (zkrácená hloubka).

2UV XX – rozměr: 420 x 260 x 88 (standardní verze), 420 x 200 x 88 (zkrácená hloubka) [6].

2.2.1.9 Optické vany od firmy OPTICORD

Na trh jsou dodávány 19" optické vany ve variantách 1U a 2U a 10" optické vany 1U.

19" optická vana 1U

12xSC – DUPLEX – výsuvná vana pro 12 duplex SC adaptorů se 2 přímými kabelovými vstupy a 2 kazetami s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů).

– **DUPLEX Teleskopická** – výsuvná vana pro 12 duplex SC adaptorů se 4 přímými kabelovými vstupy a 2 kazetami s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů) [5].

24xSC – výsuvná vana pro 24 simplex SC/E2000/duplex LC adaptorů se 2 přímými kabelovými vstupy a 2 kazetami s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů).

– Pevná

– Teleskopická – výsuvná vana pro 24 simplex SC/E2000/duplex LC adaptorů se 4 přímými kabelovými vstupy a 2 kazetami s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů).

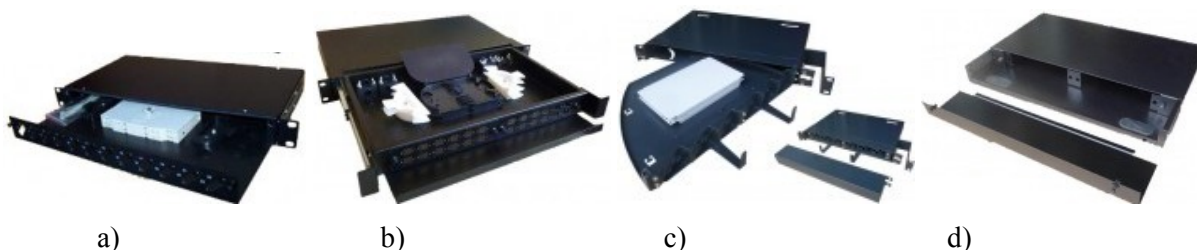
– Výklopná – výklopná vana pro 24 simplex SC/E2000/duplex LC adaptorů a 2 kazetami s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů).

24xST – výsuvná vana pro 24 simplex ST/FC adaptorů se 2 přímými kabelovými vstupy a 2 kazetami s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů).

modulární vana pro max. 24 portů – vanu je možno obsadit 2 čelními panely pro 24 simplex SC/E2000/duplex LC a má 2 přímé kabelové vstupy a 2 kazety s držáky ochran svárů každá pro 12 svárů (celkem pro 24 svárů) [5].

19" optická vana 2U

modulární vana max. 48 portů (96 vláken) – optickou vanu je možno obsadit 2 čelními panely pro 48 simplex SC/E2000/duplex LC adaptérů s přívodem 4 přímých kabelových vstupů.

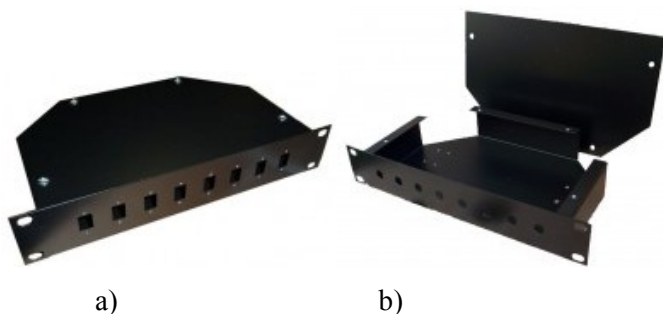


Obr. 2.13 Optické vany 1U: a) 12xSC Duplex, b) 24xSC teleskopická, c) 24xSC výklopná, d) modulární vana 24x [5]

10" optická vana

8xST – o velikosti 1U s 8 ST otvorů pro umístění optických spojek typu ST,

8xSC – o velikosti 1U s 8 SC otvorů pro umístění optických spojek typu SC.

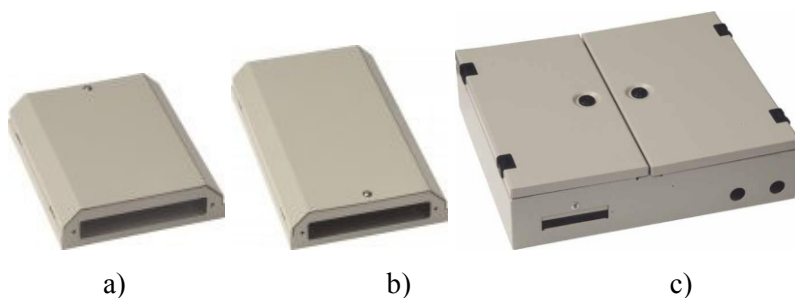


Obr. 2.14 10" optická vana: a) 8xSC, b) 8xST [5]

2.2.2 Nástěnné optické rozvaděče

2.2.2.1 Nástěnné optické rozvaděče od firmy CONTEG spol. s.r.o

Rozvaděče jsou dodávány jak v jednoduché verzi s krytem uchyceným pomocí šroubku ve dvou velikostech – typ ORN-01 (rozměr 220x180mm, 300x180mm), tak i ve dvojité verzi s dvoukřídlými uzamykatelnými dveřmi – typ ORN-02 (rozměr 350x300mm). Modulární panely jsou dodávány s otvory v následujících variantách: dvojitý rozvaděč – 24 spojek (ST, SC, FC), 12 spojek (DSC, FCD); jednoduchý rozvaděč – 8 spojek (ST, SC, FC), 4 spojky (DSC, FCD) [1, 4].



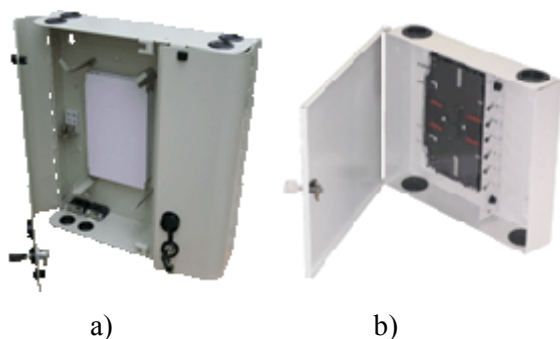
Obr. 2.15 Nástěnné optické rozvaděče: a) ORN-01 (220mm), b) ORN-01 (300mm), c) ORN-02 [1, 4]

K rozvaděčům je dodáváno následující optické příslušenství:

- Optická kazety: ORO-K2000,
- Vstupy kabelů přes PG spojky: PG9 (ORN-01), PG 11 (ORN-02).

2.2.2.2 Nástěnné optické rozvaděče DATACOM

Optické rozvaděče jsou standardně dodávány v provedení 24xSC nebo 24xST. Dodávají se ve verzích 24xSC (light) – pro SC simplex spojky a 24xSC (ST) – pro SC nebo ST spojky. Oba rozvaděče obsahují optickou kazetu a smršťovací trubičky [3].



Obr. 2.16 Nástěnné optické rozvaděče: a) 24xST, b) 24xSC [3]

2.2.2.3 Nástěnné optické rozvaděče SIEMON

Optické rozvaděče řady SWIC mají malé rozměry a vysokou hustotu optických konektorů/spojů (až 96 konektorů LC), což jsou hlavními rysy těchto nástěnných boxů. I tato

platforma spolupracuje, stejně jako 19" vany řady RIC a FCP s modulárními konektorovými čely SIEMON QUICK-PACK.

Rozvaděče SWIC jsou dodávány ve dvou variantách – běžné velikosti (SWIC3) a v provedení mini (SWIC3-M). Rozvaděč v provedení mini není uzpůsoben na uložení svárů - nelze do něj uložit SIEMON optickou kazetu [4].

SWIC3 – dvoukřídlový rozvaděč s oddělenou stranou operátora a účastníka, obě sekce jsou samostatně uzamykatelné, včetně popisek, příprava pro montáž SIEMON RIC kazet na uložení svárů, dodává se včetně příslušenství pro montáž a kabelových průchodek, 4 pozice pro "Quick pack" modulární konektorová čela, pro ukončení 24 až 96 vláken.

SWIC3-M – jednokřídlový uzamykatelný rozvaděč, včetně popisek, dodává se včetně příslušenství pro montáž a včetně kabelových průchodek, 2 pozice pro "Quick pack" modulární konektorová čela, pro ukončení 12 až 48 vláken [4].



Obr. 2.17 Nástěnný optický rozvaděč SWIC3-M [4]

2.2.2.4 Nástěnné optické rozvaděče OPTICORD

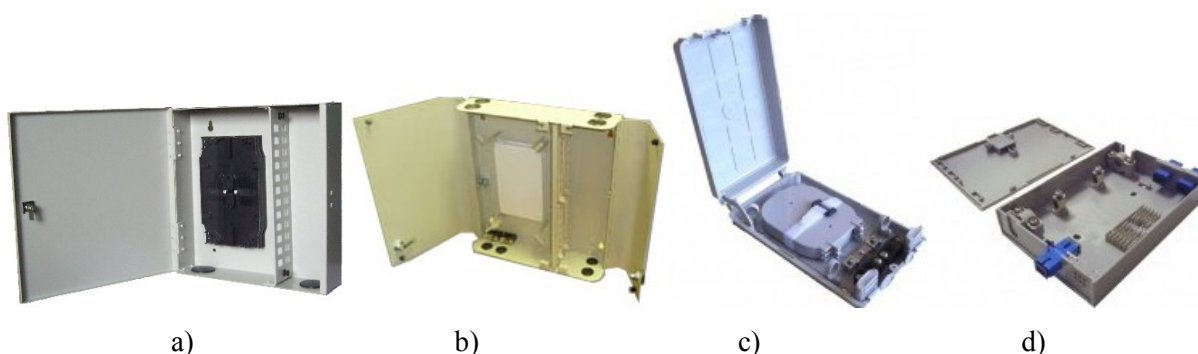
Jsou dodávány na trh ve variantách nástěnných rozvaděčů anebo optických spojovacích boxů.

Nástěnné optické rozvaděče

- **24xSC** – pro max. 24 SC simplex spojek, součástí je optická kazeta,
- **24xST** – pro max. 24 ST simplex spojek, součástí je optická kazeta,
- **24xSC dvojdílný** – pro max. 24 SC spojek, součástí je optická kazeta,
- **24xST dvojdílný** – pro max. 24 ST spojek, součástí je optická kazeta [5].

Nástěnné optické boxy

- **6xST/SC/FC** – malý plastový rozvaděč pro odbočování z hlavního vedení. Slouží k umístění 6ti svazků, jednoho průchozího kabelu hlavního vedení a 4 výstupních portů, které lze osadit adaptéry pro ST, SC, FC, duplexní LC a jeho součástí je adaptér pro pigtail kabely.
- **spojovací box pro 24 pigtailů** – obsahuje optickou kazetu [5].



Obr. 2.18 Nástěnný optický rozvaděč: a) 24xSC, b) 24xST dvojdílný; c) nástěnný box, d) spojovací box [5]

2.4 Dílčí závěr

V této kapitole jsem se zaměřil na popis rozvaděčů, a sice rozvaděčů, které slouží pro umístění optické vany, dále samostatných optických van či optických nástěnných rozvaděčů. V úvodu kapitoly (Podkapitola 1.1) jsem přiblížil rozvaděče, jež jsou určené pro datové a telekomunikační rozvody. Tyto rozvaděče se vyrábí v několika variantách, rozměrech a v provedení jako stojanové anebo nástěnné. Na trh jsou dodávány rozvaděče od různých výrobců. V této práci jsem se zaměřil pouze na dva z nich, a to na výrobce: CONTEG spol. s.r.o. a TRITÓN spol. s.r.o.

Další samostatnou podkapitolu 1.2 jsem věnoval vlastním optickým rozvaděčům a optickým vanám, které slouží pro ukončování optického kabelu při výstavbě optických sítí a distribučních rozvodů. V této oblasti jsem se zaměřil na větší množství firem z důvodu možnosti srovnání trhu. Pozornost jsem věnoval optickým vanám CONTEG, TRITÓN, DATACOM, HD-ODF, ZCOMAX, SIEMON, R&M, OPTOCON či OPTICORD, které dodávají optické vany jak pevné, tak výsuvné, tak i teleskopické a následně nástěnným optickým rozvaděčům CONTEG, DATACOM, SIEMON a OPTICORD, které dodávají různé rozměry, ale hlavně rozvaděče pro různé typy a počty spojek. K rozvaděčům je nabízeno odpovídající příslušenství, jímž se budu zabývat v příští kapitole.

3 Příslušenství

Do příslušenství optických rozvaděčů řadíme:

- ferule pro konektory optických vláken,
- konektory optických vláken,
- adaptéry,
- patchcordy a pigtaily,
- pasivní prvky,
- optické kabely,
- optické kazety s příslušenstvím.

3.1 Ferule pro konektory optických vláken

Ferule je nejdůležitější komponentou jak optického konektoru tak patchcordu. Může být vyrobena z různých materiálů – umělé hmoty, nerezů či keramiky (zirkonia). Většina ferulí používaná v optických konektorech je vyrobena z keramiky a to kvůli vlastnostem, které má – nízké vložné ztráty, mimořádnou mez pevnosti, malý koeficient ohebnosti a odolnost proti změnám podmínek prostředí.

Vnější průměr (OD) keramické ferule pro ST, FC a SC konektoru je 2.5mm, pro MU a LC je 1.25mm. U SM keramických ferulí je OD s tolerancí $\pm 0.0005\text{mm}$. Vnitřní průměr (ID) má přesně 0.001mm v koncentricitě a 0.0005mm v excentricitě. SM ferule se používají pro optické komunikační součásti. U MM keramických ferulí je OD s tolerancí $\pm 0.001\text{mm}$. ID má přesně 0.003mm v koncentricitě a 0.004mm v excentricitě. MM ferule se používají pro aplikace LAN a SAN [10, 13].

Vysoce kvalitní a výkonné zirkoniové ferule jsou vyráběné vstřikováním do přesné formy. Ferule se do žádaného tvaru vybrušují a na kvalitě a způsobu zabroušení silně závisí optické parametry konektoru. Typy zabroušení ferulí jsou uvedeny v kapitole Přílohy, Příloha 2.



Obr. 3.1 Ferule pro SI vlákno $\varnothing = 2.5\text{mm}$ [6, 7]



Obr. 3.2 Ferule pro SI vlákno $\varnothing = 1.25\text{mm}$ [6, 7]

3.2 Konektory optických vláken

Optický konektor je důležitou součástí používanou v optických sítích. Je to také klíčová část používaná v optických patchcordech a pigtailech. Je mnoho typů optických konektorů – zahrnující standardní i hybridní typy – SC, SC/APC, FC, FC/APC, ST, LC, MU, atd. Jsou jak SI – leštění typu PC, UPC nebo APC, manžeta modré nebo černé barvy (PC a UPC), zelené barvy (APC), tak MM – PC nebo UPC, manžeta černé nebo béžové barvy. Důležitým technickým údajem jsou vložné ztráty – u APC jsou menší než u UPC, u UPC pak menší než u PC. Jsou vybaveny keramickými ferulemi o různých velikostech, vyjma konektoru MT-RJ, který má umělohmotnou feruli [8, 13, 14].

Optické konektory je jeden ze základních komponentů optických sítí, spojují optické zařízení, moduly a vlákna. Konektor má tři hlavní části:

1. feruli – keramická ferule má dvě velikosti – $\varnothing = 2.5\text{mm}$ je pro ST, FC a SC, $\varnothing = 1.25\text{mm}$ pro MU a LC. SM konektory jsou leštěny PC, UPC a APC, zatímco MM konektory PC a UPC.
2. tělo konektoru – jde o umělohmotnou nebo kovovou strukturu, která spojuje feruli se spojovacím mechanismem
3. spojovací mechanismus – je součástí těla konektoru, který drží konektor na místě, když je spojený s dalším zařízením. Může to být klip, bajonetová matice, závit, push-pull anebo snap-lock anebo podobné zařízení [10].

Konektory odpovídají NTT specifikacím a vyhovují JIS C 5973 F04, IEC 61754-04, testu vertikálního hoření pro klasifikaci materiálů UL94V-0 a rovněž splňují Telcordia specifikace GR-326-CORE [6, 7, 13, 14].

3.2.1 SC konektory

Jde o jeden z nejstarších a nejběžnějších typů konektorů. SC konektor má push-pull strukturu, umělohmotné pouzdro, nízkou cenu a feruli umístěnou v plášti konektoru. Používá se jak pro MM, tak pro SM vlákna. Posledních deset let je to u nás nejpoužívanější konektor pro instalace LAN s použitím MM vláken. Nejrozšířenější konektor pro použití s technologiemi 100Base-FX (fast Ethernet).

Prakticky všechna zařízení ho podporovala. Příchodem Gbit prvků s SFP moduly mini GBIC je zatlačován konektorem typu LCabla. Jsou dostupné ve verzi PC (modrá barva krytu) i APC (zelená barva krytu) a používaný kabel je o $\varnothing = 0.6$ až 3.5mm [6, 7, 8, 11, 12, 13, 14].



Obr. 3.3 Pláště SC konektorů a SC konektory [7]

3.2.2 FC konektory

FC konektor byl vyvinut společností Amphenol Fiber Optic Products. Na příchycení konektoru ke spojení se používá závit. Na začátku 90. let to byl u nás asi nejpopulárnější a nejpožívanější konektor pro instalaci SM vláken. Postupně byl z této sféry vytlačován jinými typy konektorů. Posledních deset let se u nás v sektoru IT používá spíše sporadicky. Má stejnou feruli i manžetu jako SC konektor, ovšem kovový plášť. K dispozici jsou dva typy: „N“ (široký klíč 2.14mm, NTT) a „R“ (úzký klíč 2mm, Reduced). Jsou dostupné ve verzi PC i APC a používaný kabel je o $\varnothing = 0.6$ až 3.5mm [6, 7, 8, 11, 12, 13].



Obr. 3.4 Pláště FC konektorů a FC konektory [7]

3.2.3 ST konektory

Jde o bajonetový typ konektoru s dlouhou ferulí a kovovým pláštěm, jež je jiný než u konektoru FC, vyvinutý společností AT&T. Slouží pro SI tak i pro MM optické kabely o $\varnothing = 0.6$ až 3.5mm. Koncem devadesátých let to byl u nás nejmasověji používaný konektor pro instalace převážně MM vláken pro technologii 10Base-FL a 100Base-Fx. Konektor je trochu záluďný a díky pružině,

kteřá tlačí vnitřek konektoru ven, nemáme nikdy stoprocentní jistotu, že konektor správně dosedl do spojky. Dnes se již používá méně [6, 7, 8, 11, 12, 13, 14].



Obr. 3.5 ST konektor pro SI vlákna [7]

3.2.4 MU konektory

MU konektor je konektor varianty SFF vyvinutý společností NTT, známý také pod názvem Mini SC, kterému se velmi podobá, ovšem má poloviční velikost a rovněž nejmenší feruli. Šířka pásma v takovéto síti je větší. V našich krajích je tento typ spíše exotickým, ale třeba v Japonsku je velmi oblíben. Používá se převážně pro SM vlákna. Je ve variantě simplex i duplex a jsou dostupné ve verzi PC (hnědá barva krytu) i APC (zelená barva krytu) a používá kabely o $\varnothing = 0.6$ až 2mm [6, 7, 8, 11, 12].



Obr. 3.6 Pláště MU konektorů a MU konektory [7]

3.2.5 LC konektory

LC konektor je konektor varianty SFF od společnosti Lucent, který byl vyvinut AT&T. Má strukturu push and pull, tj. strukturu podobnou konektoru RJ. Jeho velikost je poloviční než má SC konektor, takže do formátu SC spojky se vejde duplexní modul. Existuje i dvojité duplexní spojka (quad), která má stejný formát jako duplexní spojka SC. Používá feruli o průměru 1.25mm a kabely o $\varnothing = 0.6$ až 3.5mm. Používá se pro SI sítě a stále více v MM sítích. Příchodem Gbit prvků se stává

jedním z nejpoužívanějších konektorů také díky podpoře společnosti Cisco. Jsou dostupné verze PC (modrá barva krytu) i APC (zelená barva krytu) [6, 7, 8, 11, 12].



Obr. 3.7 Pláště LC konektorů a LC konektory [7]

3.2.6 E2000 konektory

Je jeden z nově vyvinutých typů, jejichž rysem je integrovaná odpružená krytka sloužící k ochraně ferule před prachem a poškrábáním. E2000 konektor je konektor varianty SFF a je známý i pod názvem LSH a duplexní konektivita zabere prostor stejně velký jako RJ-45 a používá feruli o průměru 1.25mm. Vypadá jako mini SC konektor a velmi snadno se s ním zachází díky jeho pojistnému klipu. Používá se jak pro MM, tak pro SM vlákna a $\varnothing = 0.6$ až 3.5mm. Mají leštění typu PC, UPC (zelená barva krytu) a APC (modrá barva krytu) [6, 7, 8, 11, 12, 14].



Obr. 3.8 E2000 konektor [11, 12]

3.2.7 MT-RJ konektory

Konektor MT-RJ je konektor varianty SFF vyvinutý společností AMP a založený na dvou konektorech pasujících do sebe – na MT konektoru a konektoru RJ-45. MT-RJ konektor je duplexní kanál uvnitř jednoho samostatného konektoru používá se pouze pro MM vlákna $\varnothing = 0.6$ a 1.7mm. Konektor má dva piny a jeho protikus má dvě dírký. Prostor mezi dvěma kanály je 0.75mm. Používají se pro přenos dat a je také hojně nabízen výrobcí aktivních prvků. Z formátu těchto konektorů vzešly konektory pro ribbonová vlákna (MTO/MTP) [8, 11, 12, 14].



Obr. 3.9 Konektor MT-RJ [11]

3.3 Adaptéry optických vláken

Adaptér je jedním z nejběžnějších a velmi nezbytných výrobků používaných v optických sítích a poskytuje spolehlivé řešení pro spojení. Na trh se dodávají SI adaptéry, která mají keramická pouzdra a MI adaptéry, jež používají fosforbronzová pouzdra. Poskytuje spojení bod-bod. Slouží pro spojení konektorů stejného typu, např. SC-SC, LC-LC, atd., zatímco hybridní adaptéry spojují různé druhy konektorů, např. ST-SC, LC-SC, atd. Adaptér je používán pro spojení konektorů, patchcordů, pigtailů a optického zařízení [8, 10].

3.3.1 SC adaptéry

Mají pevnou konstrukci těla navrhovanou pro výrazné zlepšení pevnosti a odolnosti oproti klasické konstrukci. Mají umělohmotný plášť, který má rozdílné barvy – leštění PC modrá (SM) a béžová (MM), APC zelená. SI adaptéry mají pouzdro ferulí zirkoniové zatímco MM adaptéry bronzové. Jsou simplexní i duplexní. SC adaptéry splňují normy JIS C5973 F04 a IEC61754-4 [6, 7, 10, 12].



Obr. 3.10 Simplex a duplex SC adaptéry [7]

3.3.2 FC adaptéry

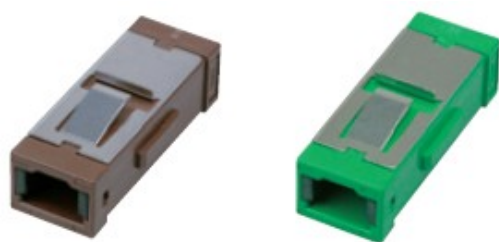
FC adaptér je určený na realizaci rozebíratelných spojů dvou FC konektorů. Fosforbronzové (u MM adaptérů) anebo keramické (u SI adaptérů) pouzdro ferulí zabezpečující přesné navedení ferulí konektorů a tím nízké ztráty optického spoje. FC adaptér má kovový plášť a je vyráběn ve třech provedeních – čtvercový typ a dva D typu (jednoduchý, dvojité). Jsou vhodné pro leštění verze PC i APC. Vyhovuje normám JIS C5970 F01 a IEC 61754-13 [6, 7, 10, 12].



Obr. 3.11 FC adaptéry [7]

3.3.3 MU adaptéry

Má pevnou konstrukci na výrazné zlepšení pevnosti a odolnosti oproti klasické konstrukci a také přesně dělené pouzdro ze zirkonia. Jsou dostupné jako SI i jako MM a pro leštění verze PC i APC. Splňuje normy JIS C5983 F14 a IEC 61754-6 [6, 7, 10, 12].



Obr. 3.12 MU adaptéry [7]

3.3.4 LC adaptéry

LC adaptéry mají přesně dělené umělohmotné pouzdro. Barva pláště adaptérů je stejná jako u SC adaptérů stejně jako pouzdro ferulí – bronzové (u MM adaptérů) anebo zirkoniové (u SI adaptérů). LC adaptéry jsou typu simplex, duplex nebo duplex s SC stopou. Jsou vhodné pro leštění verze PC i APC. Vyhovuje normám IEC 61754-20 a TIA/EIA-604-10-A [6, 7, 10, 12].



Obr. 3.13 LC adaptéry [7]

3.3.5 ST adaptéry

ST adaptéry jsou závitového typu a mají kovový plášť. Pouzdro ferulí je u SI adaptérů ze zirkonia zatím co u MM bronzové [10, 12].



Obr. 3.14 ST adaptéry [3, 5, 11]

3.3.6 MT-RJ adaptéry

MT-RJ adaptéry mají polymerový plášť černé barvy. Jsou simplexní typu a mají dva typy provedení – s patkou anebo s SC stopou [10].



Obr. 3.15 MT-RJ adaptér [11]

3.3.7 E2000 adaptéry

Typické adaptéry E2000 jsou SI s leštěním verze PC a APC. E2000 adaptéry jsou simplexní [10].



Obr. 3.16 E2000 adaptér [5, 11]

3.4 Patchcordy a pigtaily

3.4.1 Patchcordy

Optický patchcord je jedním z nejběžněji užívaných součástí optických sítí. Optický patchcord, nazývaný též optický spojovací modul anebo optický patch kabel. Lze je rozdělit podle několika hledisek: simplexní nebo duplexní; SM (9/125 μm) nebo MM (50/125 nebo 62.5/125 μm). Jsou zakončeny na obou koncích optickými konektory, podle nichž jsou tříděny typy optických

patchcordů, např. LC patchcord je zakončen LC konektorem. Patchcordy se liší také barevným označením – SM patchcordy pláště žluté barvy, MM patchcordy pak oranžové barvy. Typické průměry patchcordů jsou 0,9, 2 nebo 3 mm. Z důvodu leštění konektorů jsou patchcordy děleny také na PC a APC. Typy patchcordů jsou zpracovány v kapitole Přílohy, viz Příloha 3.

Optický patchcord slouží k propojení pasivního optického prvku (např. optická vana, optický rozvaděč,...) s aktivním optickým prvkem (např. switch, konvektor, ...) nebo k propojení jednotlivých zařízení uvnitř rozvaděče [3, 5, 8, 9].

3.4.1.1 Jednoduchý popis patchcordů

1. **LC patchcord** – je krátká forma Lucent konektoru se strukturou push and latch a s umělohmotným pláštěm a keramickou ferulí 1,25mm. Jde o populární druh malých forem optických patchcordů, který redukuje místo a je využíván pro složitější instalace.
2. **SC patchcord** – byl vyvinut v Japonsku společností NTT. Jeho rysem je nízká cena, jednoduchost a odolnost. Typ konektoru je push and pull. Je jedním z nejpoužívanějších patchcordů.
3. **ST patchcord** – byl vyvinut společností AT&T. Nyní jsou ST konektory s kovovým pláštěm, ačkoli jsou umělohmotné pláště ST konektorů, stále více lidí však inklinuje k používání konektorů s kovovým pláštěm.
4. **FC patchcordy** – mají FC konektory se závitovým typem spojení. Byly velmi populární v minulosti, dnes se stále více upřednostňují LC a SC patchcordy [8].
5. **MU patchcordy** – jsou stejné jako SC patchcordy vyvinuté rovněž v Japonsku společností NTT. Jde o malý typ konektoru s umělohmotným pláštěm a push and pull strukturou. Rozměr konektoru odpovídá velikosti konektoru LC a někdy je označován jako malý SC. MU patchcordy by v budoucnu měly nahradit SC patchcordy.
6. **E2000 patchcordy** – je jedním z nejnovějších typů patchcordů vyvinutý firmou Diamond. Konektor má obdobnou velikost jako konektor SC a využívá pro ochranu ferule před prachem a poškrábáním odpruženou příklopku.
7. **MT-RJ patchcordy** – označení pochází od MT-RJ konektoru vyvinutého z konektoru typu MT a typu RJ. Rysem MT-RJ patchcordu je dvouvláknové spojení, tj., spojení dvou vláken uvnitř jednoho MT-RJ konektoru. Dalším zvláštním bodem je, že má umělohmotný plášť i feruli [8].

*Obr. 3.17 Typy patchcordů [3]*

3.4.2 Pigtaily

Optický „pigtail“ neboli tzv. přípojný optický kablík, je předem připravené vlákno v těsné sekundární ochraně (900 μ m) zakončené na jedné straně optickým konektorem. Slouží k zakončení optického kabelu v optické vaně či optickém rozvaděči, kde spojování optických vláken lze provést dvěma způsoby - svařováním nebo pomocí mechanických spojek. Na trh se dodávají optické pigtaily typu SC, SC/APC, ST, ST/APC, FC, FC/APC, LC, LC/APC, MT-RJ, MPO, MTP, E2000, E2000/APC. Jsou používány typy optických vláken SM (9/125 μ m) nebo MM (50/125 a 62.5/125 μ m). Kabely jsou průměru 0.9, 2 a 3 mm a délky 1 a 2 m [3, 5, 8, 9].

*Obr. 3.18 Typy pigtailů [5]*

3.5 Optické kazety s příslušenstvím

Optická kazeta slouží pro uložení spojů vláken v rozvaděcích, zemních spojkách apod. Kazetu připevňujeme do rozvaděče pomocí trnu se závitem a pojistné matky. Pokud rozvaděč trn nemá, lze použít oboustrannou lepicí pásku. Konstrukce kazety zajišťuje minimální povolený poloměr ohybu pigtailového vlákna, bezpečné uložení jednotlivých spojů a ukončení nenavařených vláken.

Spojení může být realizováno svařem, takový to spoj je nutné zpevnit a ochránit smrštitelnou, nebo krimpovací ochranou, nebo spojkami, např. FibrLock II, což je optická gelová spojka vyvinutá pro mechanické spojování optických vláken o průměru primární ochrany od 250 do 900 μ m a určená pro spojování SI i MM vláken s nominálním průměrem vlákna 125 μ m (obr. 3.19) [4].



Obr. 3.19 Spojka FibrLock II [4]

Spojky stejně jako svary jsou ukládány do optických hřebínků, jež slouží k uložení spojů optických vláken v úložných kazetách. Při výběru vhodného hřebínku je třeba uvažovat nad typem použité kazety, typu a počtu spojů. Do jednoho hřebenu lze umístit dle typu 6 až 12 spojů. Běžná kazeta pojme 2 až 4 hřebínky.



Obr. 3.20 Hřebínky: pro 6ks a) krimpovací ochrany, b) teplem smrštitelné ochrany, c) FibrLock II; pro 12ks d) krimpovací/teplem smrštitelné ochrany [4]

3.6 Dílčí závěr

V této kapitole jsem se zaměřil na popis příslušenství rozvaděčů, a sice ferulí pro konektory optických vláken, konektorů optických vláken, adaptérů, patchcordů, pigtailů a kazet, které jsou nezbytné pro spojování a správnou funkci optických vláken. Ferule je nejdůležitější komponent jak optického konektoru tak patchcordu. Konektor je jeden ze základních komponentů optických komunikací, které spojují optické zařízení, moduly a vlákna a jde také o klíčovou část používanou v optických patchcordech a pigtailech. Adaptér je jedním z nejběžnějších a velmi nezbytných výrobků používaných v optických sítích a je používán pro spojení konektorů, patchcordů, pigtailů a optického vybavení. Patchcord neboli spojovací modul, je simplexní nebo duplexní propojovací kabel, který je zakončený na obou koncích optickými konektory a slouží k připojení aktivních prvků sítě nebo k propojení jednotlivých zařízení uvnitř rozvaděče a pigtail neboli přípojný kablík slouží k zakončení optického kabelu v optickém rozvaděči, kde spojování optických vláken lze provést dvěma způsoby - svařováním nebo pomocí mechanických spojek. Optické kazety s příslušenstvím jsou důležité pro bezpečné uložení svárů či spojek optických vláken a předpřipraveny pro montáž až dvou hřebínků. Optické kazety můžeme osadit dalšími pomocnými prvky, např. vláknovými vodičky.

4 Vystrojení optického rozvaděče

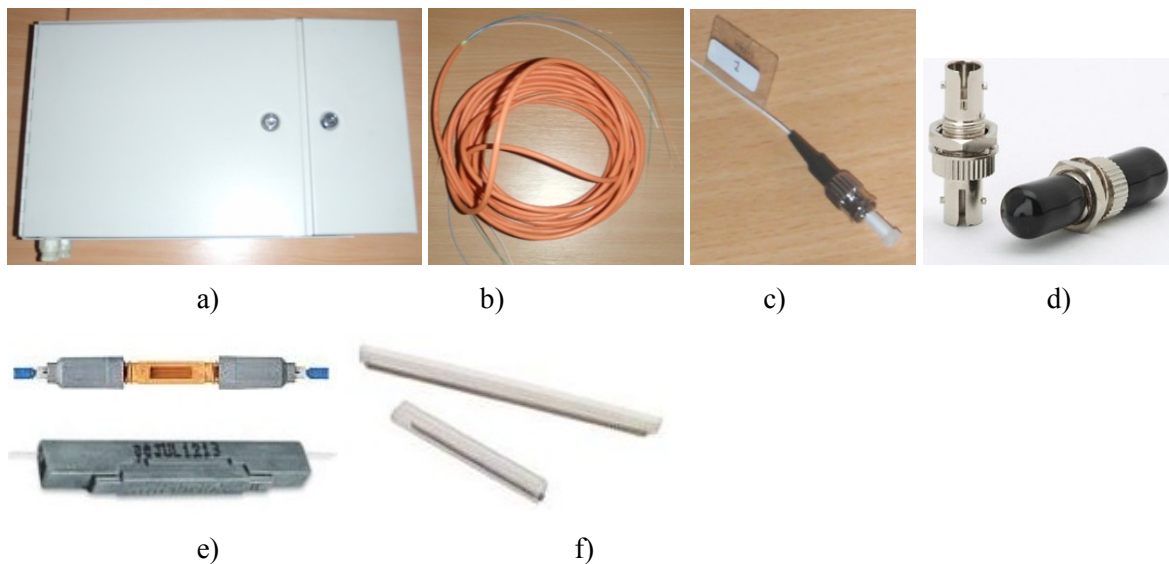
Pro vlastní realizaci vystrojení optického rozvaděče vhodnými rozhraními je důležité si rozvrhnout postup. Po zvážení jsem se rozhodl rozdělit si činnost následovně:

1. Příprava jednotlivých komponentů a přístrojů.
2. Svařování, spojování.
3. Kompletace optického rozvaděče.
4. Proměření průchodnosti trasy.

4.1 Příprava jednotlivých komponentů a přístrojů

V předešlých kapitolách jsme si vysvětlili něco o typech a použití optických rozvaděčů (Kapitola 2) a příslušenství nezbytných pro spojování vláken (Kapitola 3). Nyní se ale zaměříme na konkrétní materiál a přístroje, jež jsem použil pro realizaci vystrojení optického rozvaděče. V práci byly tedy použity následující komponenty optického rozvaděče:

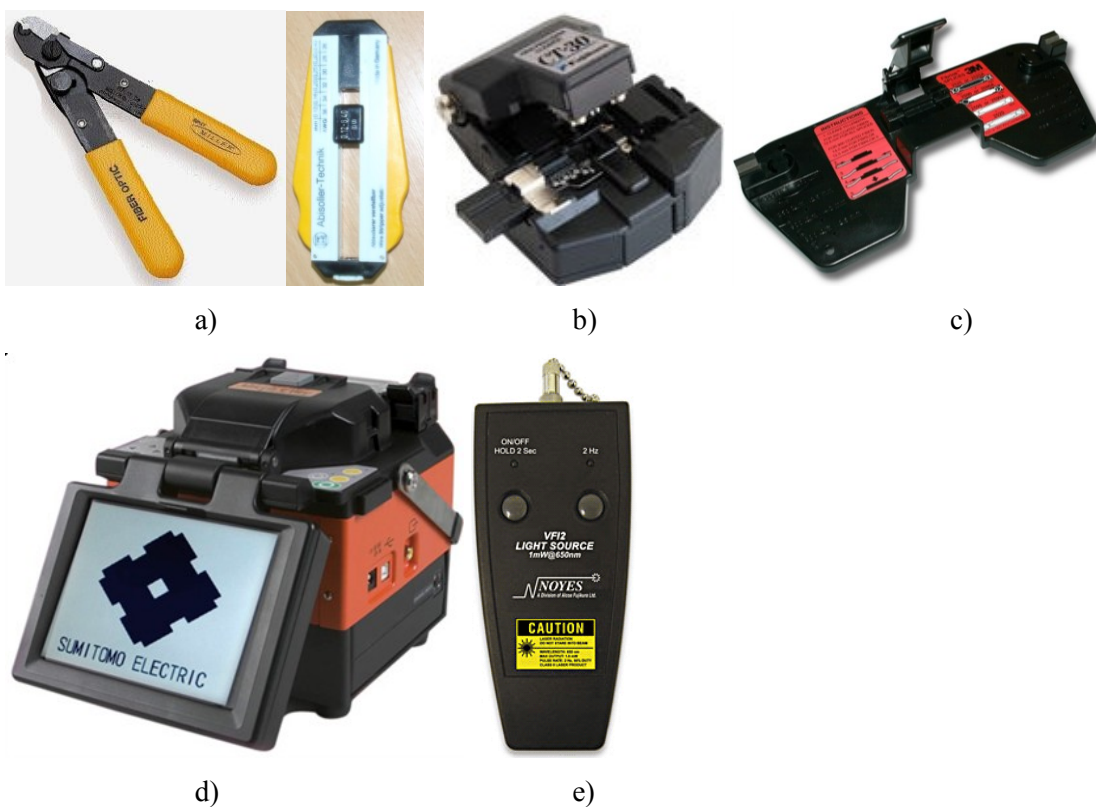
- dvoukřídlový optický rozvaděč s kazetou (obr. 4.1a),
- MM kabel 62.5/125 μ m – 6ti vlákno (obr. 4.1b),
- ST pigtaily – 12ks (obr. 4.1c),
- ST adaptéry – 6ks (obr. 4.1d),
- spojky – kapilára čtvercového průřezu (obr. 4.1e nahoře), FibrLock II (obr. 4.1e dole),
- teplem smrštitelné ochrany svaru (obr. 4.1f)



Obr. 4.1 Komponenty optického rozvaděče

a následující přístroje:

- zdrhovací kleště Miller/Ripley, odizolovací kleště od firmy Hintermaier GmbH Abisolier-Technik model 1287 (obr. 4.2a),
- čištění isopropylalkohol s ubrousky,
- lámačka optických vláken Fujikura CT-30 Fiber Cleaver (obr. 4.2b),
- montážní přípravek FIBRLOK II 2501 (obr. 4.2c),
- svářečka optických vláken SUMITOMO ELECTRIC Micro Core DCM Fusion splicer Type-39 (obr. 4.2d),
- optický lokátor chyb NOYES VFI2 (obr. 4.2e).



Obr. 4.2 Použité přístroje

4.2 Svařování, spojování

Svařování optických vláken se provádí tam, kde je třeba pevných nerozebíratelných spojů. Tento druh spojování vláken má vysokou kvalitu a nízký útlum. Vyplatí se při realizaci většího množství spojů na jednom místě, na spojování segmentů optických tras, pro zakončování vláken pigtaily nebo patchordy. Provádí se pomocí přenosných svářeček, které jsou vybavené speciální

technikou, jako je kamera, mikroskop apod., a které umožňují optimální nastavení vláken před samotným provedením svaru. Útlum se u svarových spojů pohybuje v rozmezí 0.02-0.04 dB.

Princip svařování vláken:



Obr. 4.3 Svařování

- navlečení teplem smrštitelné ochrany svaru na jedno ze svařovaných vláken,
- odstranění potřebné délky primární ochrany pomocí zdrhovacích kleští (cca 4cm),
- očištění vlákna od nečistot pomocí isopropylalkoholu,
- zalomení vlákna v lámačce optických vláken (obr. 4.4a),
- založení vláken do V-drážky svářečky co nejblíže rozhraní mezi svářecími elektrodami (obr. 4.4b),
- provedení svaření vláken (obr. 4.4c),
- nasunutí ochrany svaru na svar a založení do píčky,
- zatavení ochrany svaru (obr. 4.4d).



Obr. 4.4 Svařování optických vláken

U takto vzniklých svarů je zapotřebí použít ochranu svaru, protože ta slouží k mechanické ochraně vařeného spoje. Dnes má již každá moderní svářečka vestavěnou píčku k zapékání teplem smrštitelné ochrany svaru. Tato ochrana svaru vypadá jako obyčejné krátké brčko, avšak při bližším zkoumání nalezneme uvnitř drát, který má za úkol udržet tvar spoje a především ho zpevnit.

Naproti tomu mechanické spoje představují rychlý a levný způsob spojení vlákna. Jejich výhodou je také to, že jde o rozebíratelný spoj, tudíž se s výhodou využívá pro dočasné spoje u náhradních tras apod., kde je realizován menší počet spojů. Nevýhodou je ovšem větší vložený útlum mechanickou spojkou, který se pohybuje v rozmezí 0.1-0.5dB.

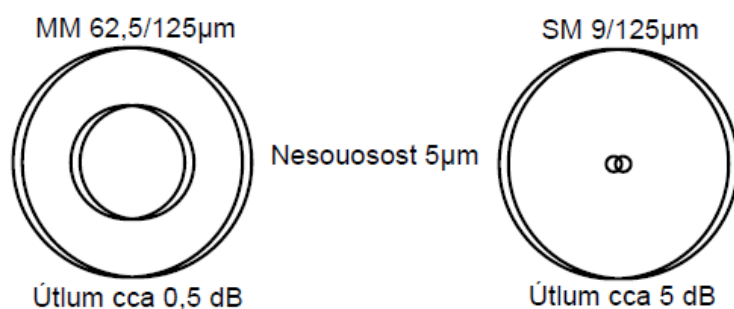
Optická vlákna s dokonale zalomenými čely se zasunou proti sobě do tělesa mechanické spojky (př. „V drážkou nebo přesně kalibrovanou trubičkou) až na doraz, a pak se mechanicky zafixují proti vytažení z mechanické spojky. Prostor, kde dochází ke styku čel spojovaných optických vláken, je opatřen imerzním gelem, jehož hodnota indexu lomu se blíží hodnotě indexu lomu materiálu jádra optického vlákna, a tím se dosáhne, že útlum odrazu tohoto spojení je větší než 50dB.

Například FibrLock II využívá přesného kovového elementu umístěného v pouzdru z umělé hmoty s aretačním víčkem a je vyplněn speciálním gelem se stejným indexem lomu jako sklo. Stabilní spojení vláken je založené na mechanickém principu a provádí se pomocí jednoduchého montážního přípravku FibrLock 2501 – dochází v něm ke stisknutí přesného kovového elementu, který vystředí spojovaná vlákna proti sobě a současně je zafixuje proti dalšímu pohybu. Kompletní provedení spoje je velmi rychlé a její předností je průměrný vložný útlum, který je menší než 0.1dB.

Princip instalace mechanické optické spojky:

- odstranění primární ochrany vláken pomocí zdrhovacích kleští (cca 4cm),
- očištění vlákna od nečistot pomocí isopropylalkoholu,
- zalomení vlákna v zalamavače,
- založení do spojky – „V“ drážka, kapilára, ...
- zajištění fyzického kontaktu – imerzní gel,
- mechanická fixace polohy či případné „doladění“ pozice vlákna ve spojení,
- uzavření spojky.

Při spojování vláken je důraz kladen na dosažení co nejmenšího útlumu spoje, čehož dosáhneme používáním vláken stejných geometrických parametrů, vyleštěním čela vlákna, vystředěním spojovaných vláken či dokonalým kontaktem čel spojovaných vláken. Nežádoucí vložný útlum je tak vnášen do spoje nekvalitním zalomením vlákna, geometrickou nepřesností spojení – tj. nesouhlasem os (obr. 4.5) anebo nedokonalým fyzickým kontaktem čel, nekvalitní výrobou vláken či spojováním různých typů vláken.



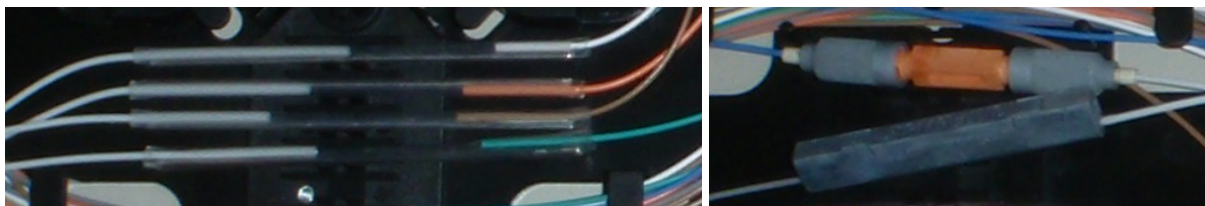
Obr. 4.5 Příklad vložného útlumu vzniklého nesouosostí vláken

Při svařování vláken je důležité, aby byla vlákna zalomena kvalitně a správně založena do svářečky, jen tak svařování proběhne korektně a následně po skončení operace svařování svářečka provede výpočet útlumu svaru. Pokud však vlákna nejsou např. kvalitně zalomena, anebo špatně založena do svářečky (příliš daleko či blízko svařovacích elektrod), svářečka svar nezhotoví, na displeji se objeví chybové hlášení, což znamená, že je zapotřebí provést např. opětovné zalomení vlákna či upravení polohy vláken. Abych se vyhnul uvedeným skutečnostem, tak jsem se před vlastní

realizací nejprve zaškolil v obsluhování uvedeného typu optické svářečky a zároveň si obnovil i znalosti v používání ostatních přístrojů, uvedených v podkapitole 4.1, se kterými jsem se seznámil již během studia.

Po nabrání potřebných zkušeností jsem přistoupil k vlastní realizaci zadání diplomové práce. K dispozici jsem měl 6ti vláknový MM kabel, 12ks pigtailů s ST konektorem, 1ks spojky FibrLock II a 1ks spojky kapilára se čtvercovým průřezem. Postupně jsem pak vytvořil celkem 10 svarů mezi vlákny kabelu a pigtaily (6 na straně kabelu a 4 na straně rozvaděče) a 2 spoje pigtailů s vlákny pomocí mechanických spojek – FibrLock II a kapiláry čtvercového průřezu (obě na straně rozvaděče).

Po vytvoření každého svaru či spojky jsem následně provedl kontrolu, tzn. prosvícení spoje/svaru pomocí lokátoru chyb, abych zjistil, jestli u vytvořeného spojení nedochází k vyzařování energie, tj. nedochází k vyvázání vidů mimo vlákno a tím ke ztrátám. Všechny sváry a spoje byly v pořádku.



Obr. 4.6 Vytvořené svary a spojky

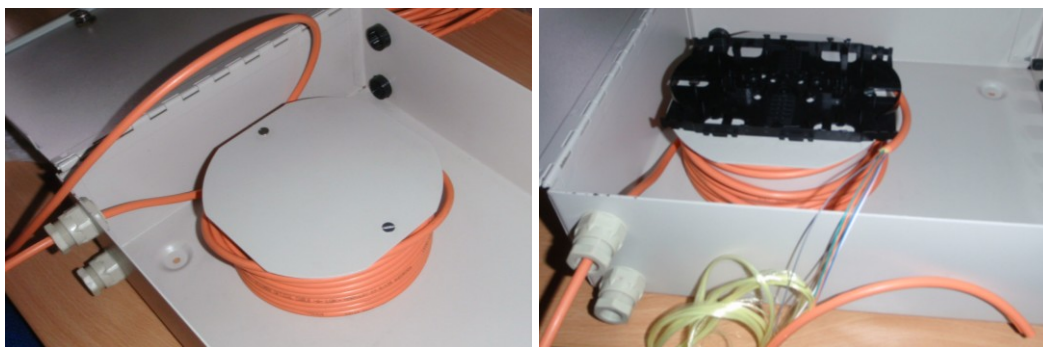
4.3 Kompletace optického rozvaděče

Při kompletaci optického rozvaděče je zapotřebí dodržet pár zásad:

- vytvořit dostatečnou rezervu kabelu v rozvaděči (cca 1 až 2m),
- ukládat vlákna v primární ochraně pouze v optické kazetě,
- ukládat v kazetě vlákna s minimálním poloměrem ohybu 40mm (30mm).

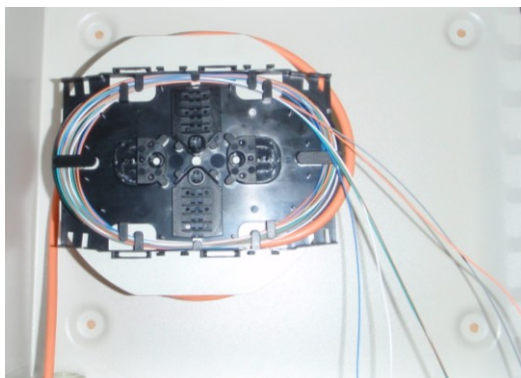
Kompletaci optického rozvaděče jsem rozdělil do následujících kroků:

1. MM kabel jsem protáhl příslušným kabelovým otvorem do rozvaděče, kde jsem jej navinul na držák kabelu. Následně jsem na příslušné místo upevnil optickou kazetu a posléze odstranil ochranu kabelu (obr. 4.7).



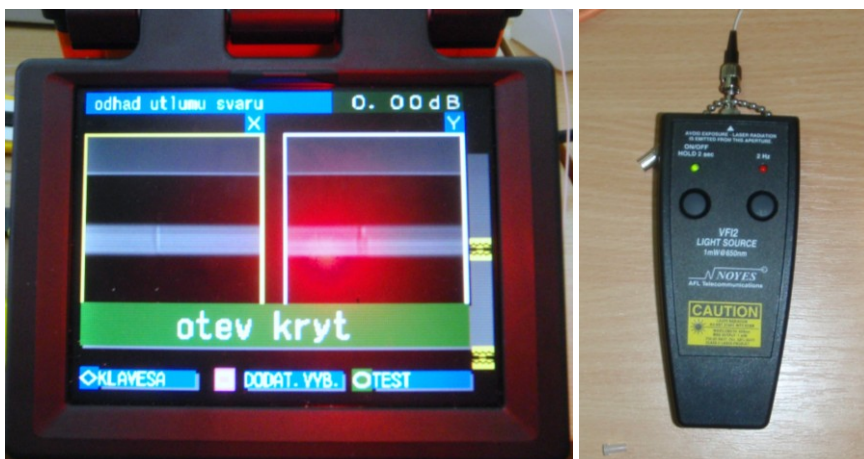
Obr. 4.7 Uložení MM kabelu v rozvaděči

2. Vlákna v primární ochraně jsem navinul do příslušných drážek v optické kazetě. Vlákna jsem ponechal s dostatečnou rezervou pro manipulaci při vytváření spojů/svárů (obr. 4.8).



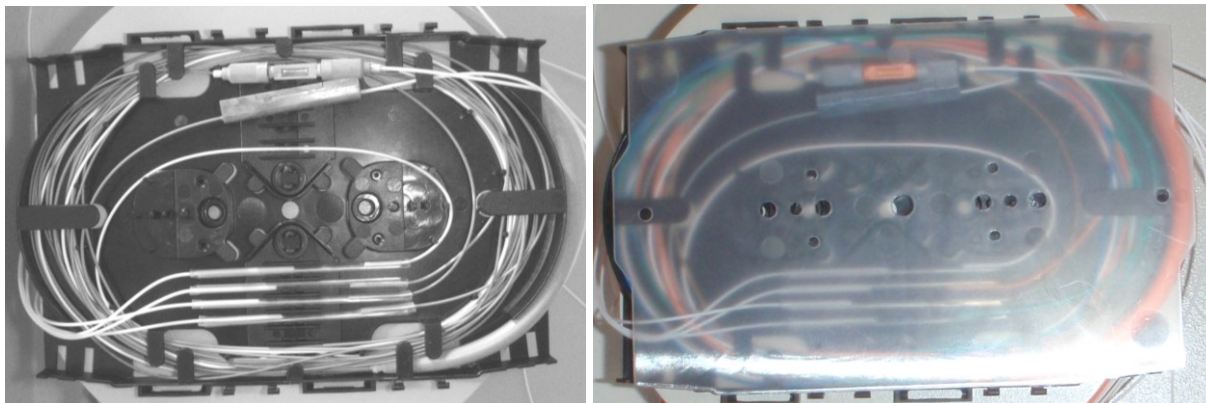
Obr. 4.8 Uložení vláken do optické kazety

3. Na konce takto uložených vláken jsem poté navařil 4ks pigtailů a 2ks pigtailů naspojkoval. Postup jsem uvedl v předešlé podkapitole 4.2. Po skončení svařování svařovačka provedla proměření útlumu svarů, a tím také vyhodnocení mého postupu před svařováním. Na každém spoji jsem také provedl kontrolu neporušenosti a úplnosti spojení pomocí lokátoru chyb. Výsledkem bylo zjištění, že vzniklé spoje jsou provedeny precizně a nevykazují ztráty (obr. 4.9).



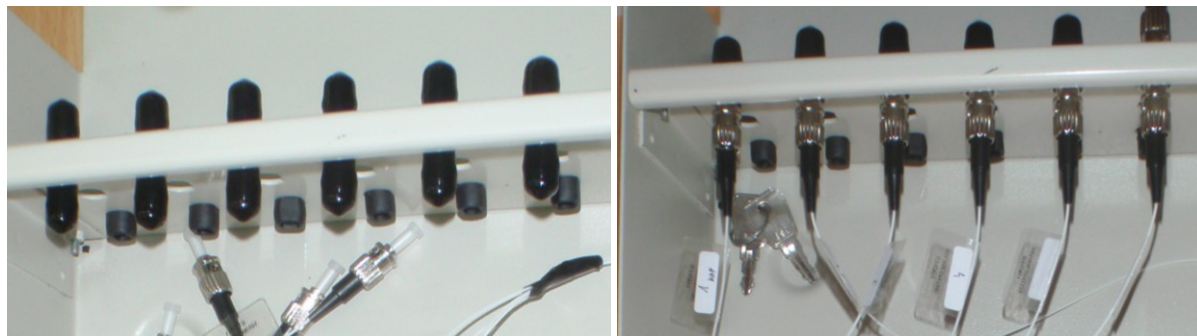
Obr. 4.9 Kontrola svarů

4. Vzniklé svary, chráněné teplem smrštitelnými ochranami, a spojky jsem uložil do hřebínků optické kazety. Kazetu jsem poté uzavřel víčkem, aby nedošlo k poškození vytvořených spojení vlivem neopatrné manipulace (obr. 4.10).



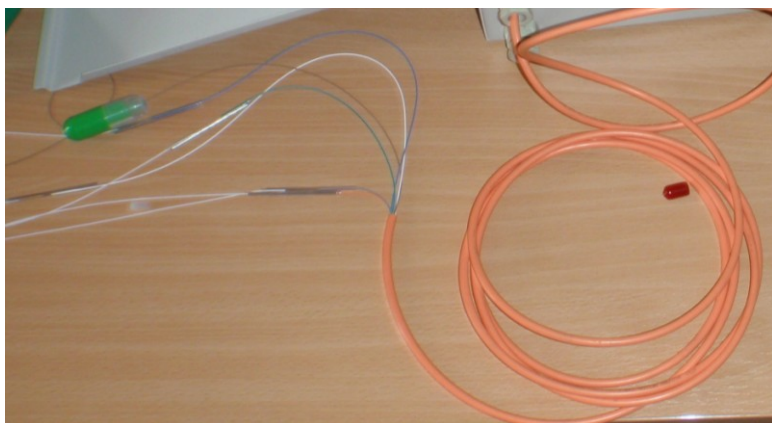
Obr. 4.10 Uložení svarů a spojek

5. Do prázdných průchodů v optickém rozvaděči jsem umístil 6ks optických adapterů (spojek) typu ST-ST. Navařené/naspojované pigtaily s ST konektory jsem následně zastrčil do adapterů (spojek) umístěných v průchodkách optického rozvaděče (obr. 4.11).



Obr. 4.11 ST adaptory a propojení s ST pigtaily

6. Z důvodu proměření trasy jsem zbývajících 6ks pigtailů navařil na druhý konec MM kabelu (obr. 4.12). Postupoval jsem obdobně jako při předešlém případě – odstranil sekundární ochranu a postupně provedl 6 svarů, které byly prověřeny svářečkou a následně mnou za pomoci lokátoru chyb. Tím vlastní vystrojení optického rozvaděče a naplnění diplomové práce skončilo.



Obr. 4.12 Navaření ST pigtailů na druhý konec MM kabelu

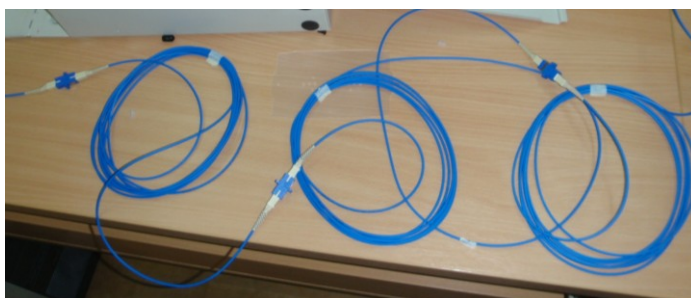
4.4 Proměření průchodnosti trasy

V praxi po kompletaci optického rozvaděče dochází k proměřování zapojených optických tras. V takovém to případě se používají dvě metody – přímá a OTDR. Ačkoli tato část nebyla součástí zadání, prověřil jsem stav mnou zřízených optických tras. Měření bylo provedeno na vlnových délkách 850 a 1300nm. K měření byly použity následující materiál a přístroje:

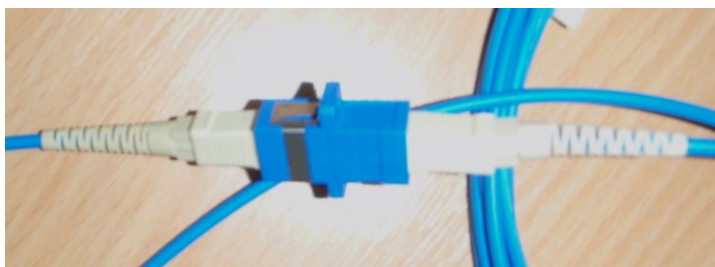
- 1ks vlákna s ST konektory (obr. 4.13a),
- 4ks vláken s SC konektory (obr. 4.13b),
- 1ks hybridního vlákna s koncovkami SC/ST,
- 4ks SC adaptérů (obr. 4.13c), 1ks ST adaptéru (obr. 4.1d),
- zdroj optického záření NOYES OLS-1 DUAL (obr. 4.13d vlevo),
- měřič optického výkonu NOYES OPM 4 (obr. 4.13d vpravo),
- univerzální testovací systém EXFO FTB-400 (obr. 4.13e).



a)



b)



c)



d)



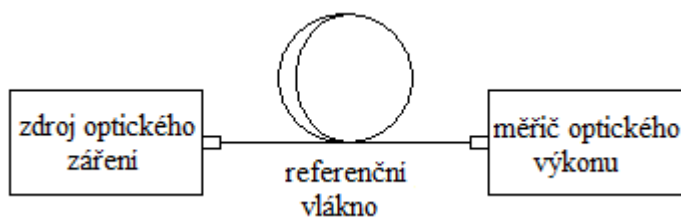
e)

Obr. 4.13 Materiál a přístroje k měření útlumu

4.4.1 Přímá metoda

Pro měření byla použita metoda vložných ztrát s následujícím postupem:

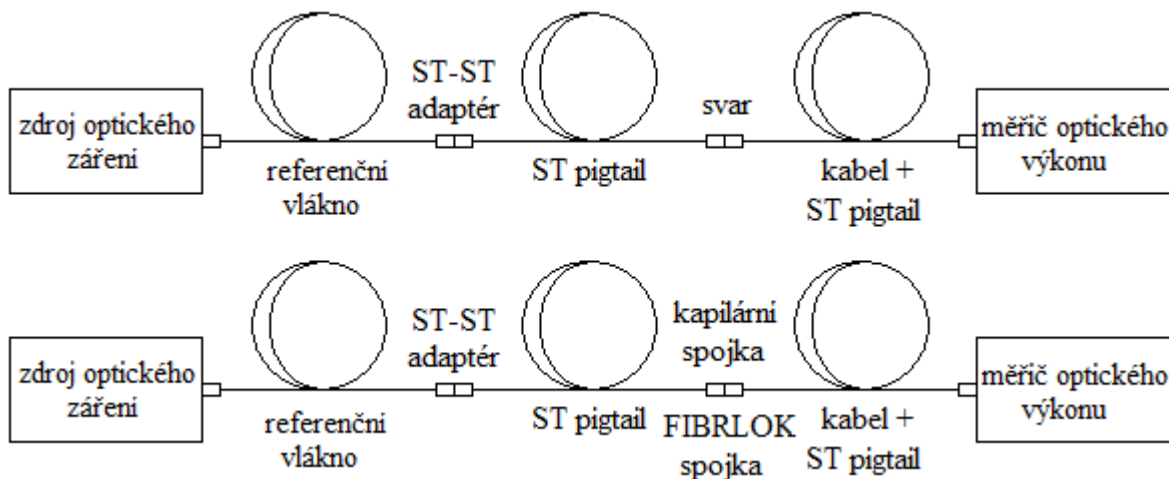
1. Odšroubujeme, popřípadě stáhneme krytky konektoru na zdroji optického záření a měřiče optického výkonu a na jejich místa nasadíme konektory referenčního vlákna – předřadné vlákno s ST konektory.
2. Zapneme oba přístroje, na zdroji optického záření nastavíme požadované telekomunikační vlnové délky a na měřiči optického výkonu zmáčkne tlačítko Ref, čímž se nastaví referenční nulová hodnota zesílení (obr. 4.14).



Obr. 4.14 Schematické zapojení přístrojů při kalibraci přístrojů

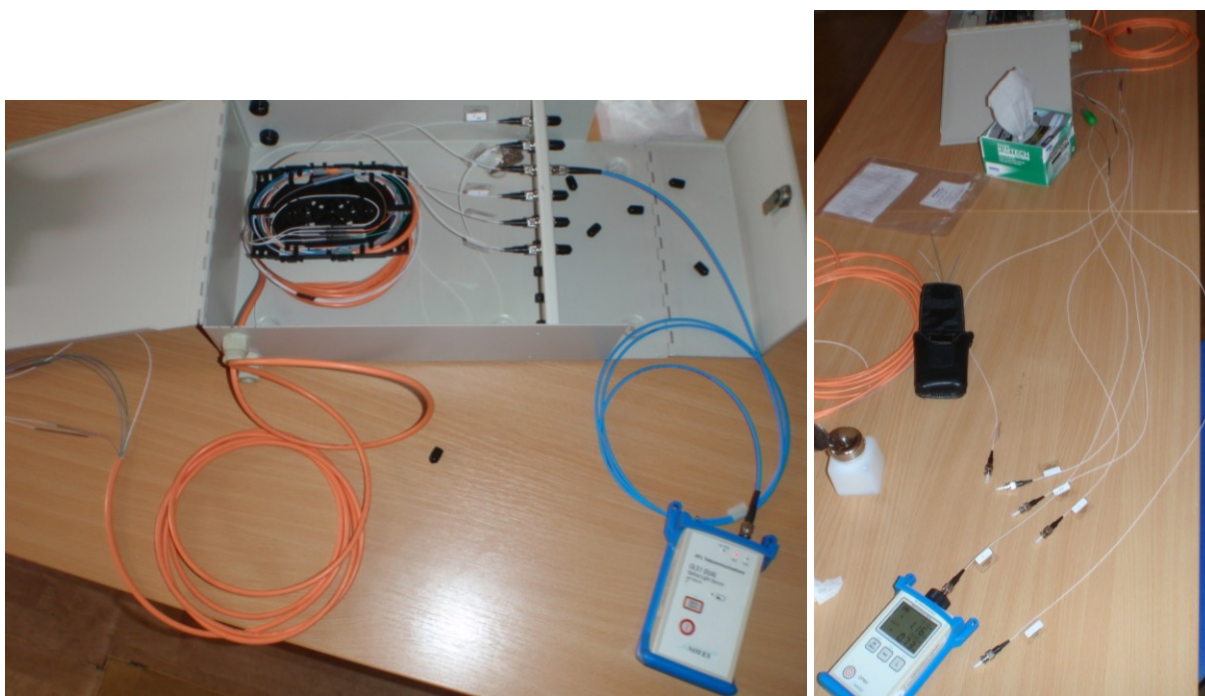
3. Po té odpojíme konektor referenčního vlákna od konektoru měřiče optického výkonu a připojíme ho do ST adaptéru umístěného v optickém rozvaděči. Měřeným vláknem je v našem

případě optická trasa složená z pigtailu navařeného/naspojovaného na optický MM kabel a následně znovu navařeného na druhý pigtail, který je pak zapojen do měřiče optického výkonu (obr. 4.15).



Obr. 4.15 Schematické zapojení přístrojů při měření optických tras přímou metodou

4. Provedeme proměření tras a odečteme hodnoty útlumu, které zaznamenáme do tabulky (viz Příloha 4).

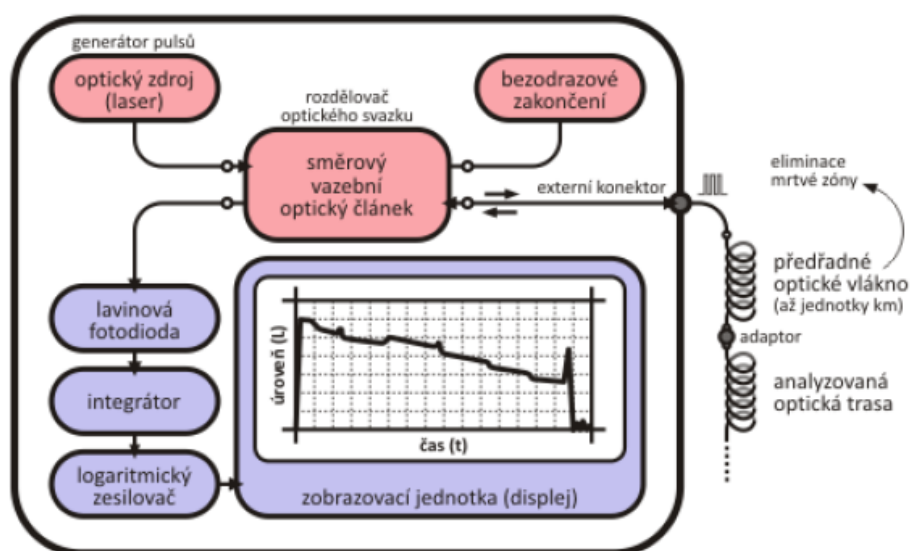


Obr. 4.16 Měření útlumu trasy metodou vložných ztrát ze strany optického rozvaděče

4.4.2 Metoda zpětného rozptylu (OTDR)

OTDR (Optical Time Domain Reflectometry) je metoda pro měření a analýzu optických tras. Do analyzovaného optického vlákna periodicky vysílány krátké optické impulzy. V důsledku všesměrového Rayleighova rozptylu na mikronehomogenitách v jádru optického vlákna se část záření vlivem Fresnelova odrazu na koncích vláken odráží zpět k vysílači. Vyhodnocení časové závislosti zpětně rozptýleného optického výkonu $P(t)$, resp. úrovně $L(t)$, poskytuje informaci o kvalitě celého optického vlákna v závislosti na jeho délce. Z čehož plyne, že tato metoda přímo neměří hodnotu útlumu, a proto je označována jako nepřímá metoda měření útlumu.

Princip OTDR:



Obr. 4.17 Schéma zapojení refraktometru OTDR

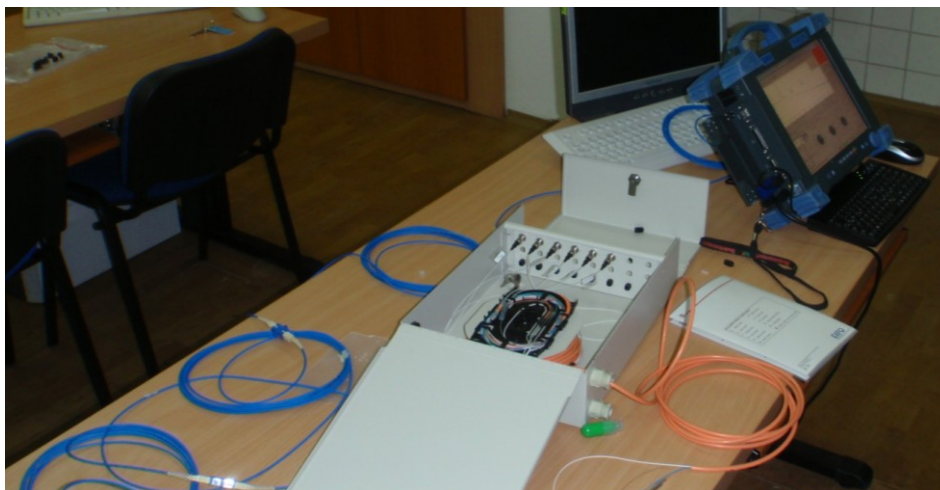
Optický impuls je vyslán ze zdroje záření, kterým může být např. injekční laser a ten generuje úzké optické impulsy s pološífkou řádově desítky až tisíce nanosekund a opakovací frekvencí několik kHz. Tento vygenerovaný optický impuls je vyslán prostřednictvím směrového vazebního člunku BTFSC, optickým děličem nebo vazební optikou do analyzovaného optického vlákna. Zpětně odražené nebo rozptýlené záření, vracující se z měřeného optického vlákna, prochází stejným rozdělovačem optického svazku, př. optickým děličem a dále je vedeno k velmi rychlému a preciznímu detektoru, kterým může být např. lavinová APD fotodioda. Poté je zesílený detekovaný elektrický signál veden do analogového či digitálního integrátoru, to je z důvodu toho, že vracující se signál má velice nízkou relativní výkonovou úroveň (-45 až -60dBr) a je velmi silně zatížen šumem. Proto je nutné signál z detektoru zprůměrovat, tak abychom získali užitečný signál, který nebude natolik zatížen šumem a bude jej možné dále zpracovat. Užitečný signál z integrátoru je pak dále veden do logaritmického zesilovače nebo je logaritmování zprůměrovaného signálu provedeno

digitálně pro získání hodnot v dB. Výsledné naměřené hodnoty jsou poté zobrazeny na zobrazovací jednotce (displeji). OTDR metodou získáme přehled o průběhu útlumu optické trasy v závislosti od jejího počátku ($L = f(t)$, resp. $L = f(I)$).

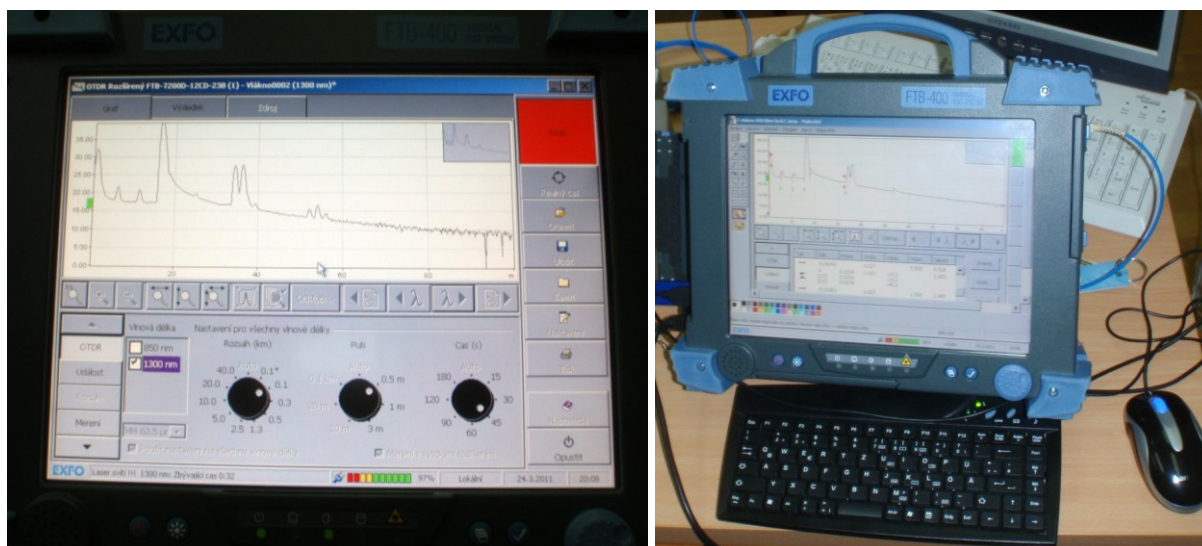
Měření bylo provedeno z obou stran pro hodnoty vlnové délky 850nm a 1300nm (obr. 4.18 – 4.20). Jako předřadné vlákno byla použita spojená vlákna 4x s SC konektory a 1x hybridní vlákno s konektory SC/ST pomocí SC adaptérů. Získané hodnoty a grafická znázornění optických tras jsou uvedeny v kapitole Přílohy, viz Příloze 5.



Obr. 4.18 Měření metodou OTDR ze strany optického rozvaděče



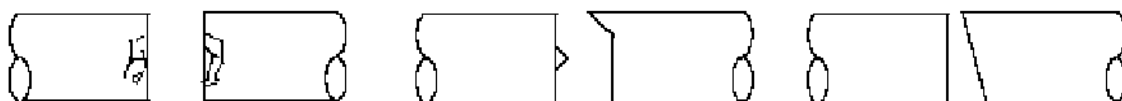
Obr. 4.19 Měření metodou OTDR ze strany kabelu



Obr. 4.20 Průběh měření OTDR – probíhající měření (vlevo), vyhodnocení spoje (vpravo)

4.5 Dílčí závěr

Vlastní podstata diplomové práce spočívala v praktické realizaci optického rozvaděče. Abych mohl přistoupit k vlastní realizaci, nejprve jsem si na nečisto vyzkoušel obsluhu svářečky optických vláken. Jde o plně automatické zařízení, které na displeji zobrazuje, jakým způsobem probíhá vaření vláken, je schopné odhalit chyby způsobené lidským faktorem a prověřit stav spoje – změřit útlum spoje. Největší komplikací bylo bezchybně zalomit konce optických vláken, neboť při nadměrně vyvinutém tlaku dochází k špatnému zalomení vláken a v nejhorším případě i k poškození lámačky.



Z výše uvedených skutečností plyne, že je důležité pracovat precizně a správně manipulovat s používanými přístroji, protože jakákoliv neopatrnost může nejen časově prodloužit řešení zadané práce, ale poškodit vlastní zařízení. Za vše uvádím např. tyto chyby – špatně použité kleště (nůž) mohou zároveň s odstraněním ochrany poškodit vlákno, či uváděná nesprávná manipulace s lámačkou optických vláken, neboť chybně zalomená vlákna buď svářečka nesvaří vůbec a zahlásí chybu, anebo vaření proběhne, ale následný odhad útlumu spoje, jež po vaření provádí svářečka, odhalí chybu, jelikož změřená hodnota útlumu neodpovídá povoleným hodnotám, tj. je nevyhovující, a celý postup je tedy nutné zopakovat.

Při vlastní realizaci jsem postupně vytvořil 6 spojů vlákno-pigtail – 4 vařené a 2 pomocí mechanických spojek. Všechny spoje jsem prověřil pomocí lokátoru chyb od firmy NOYES a nezjistil žádné vyzařování energie mimo spoj. Vytvořené spoje jsem poté uložil do hřebínků optické kazety v

optickém rozvaděči a zbylou délku vláken v primární ochraně navinul do určených úchyťů v kazetě, protože jak vím, nesmí být uložena jinde než v kazetě. Kazetu jsem uzavřel víčkem, aby nedošlo k poškození vláken v primární ochraně a vzniklých spojů. Nakonec jsem zapojil pigtaily do adaptérů v optickém rozvaděči. Tím vlastní realizace vystrojení optického rozvaděče končí.

Při praktické realizaci by následovalo proměření vzniklých optických tras pomocí dvou metod – přímé a metody zpětného rozptylu (OTDR), což v našem případě ovšem není bodem zadání diplomové práce. I přesto jsem měření provedl. Měření se provádí z obou konců, tj. ze strany optického rozvaděče a ze strany optického kabelu. K tomuto účelu jsem musel na stranu kabelu navařit 6 ST pigtailů, abych mohl měření zrealizovat (i tyto spoje byly prověřeny lokátorem chyb).

Nejprve jsem provedl měření přímou metodou – metoda vložných ztrát, k níž byly použity zdroj a detektor od firmy NOYES a předřadné vlákno s koncovkami ST. Nejprve jsem zapojil zdroj na straně rozvaděče a detektor na straně kabelu a poté jsem provedl měření s opačným zapojením, tzn., postupně jsem proměřil všechny trasy z obou stran. Získané hodnoty byly zaznamenány do tabulky.

V praxi se měření provádí z obou konců optického vlákna a výsledné naměřené hodnoty útlumu se zprůměrují, čímž se eliminuje u MM vláken vliv rozdílné distribuce optického svazku v opačných směrech. Pokud by měření proběhlo pouze z jednoho konce reálně se tak zvyšuje chyba vlastního měření, a tím se také zvyšuje odchylka naměřené hodnoty od skutečné hodnoty útlumu.

Dalším krokem bylo měření za použití metody OTDR, ke které bylo použito předřadné vlákno tvořené 4 předřadnými vlákny s konektory SC a 1 hybridním vláknem s konektory SC/ST vzájemně spojené SC adaptéry, ST adaptér a měřicím přístrojem od firmy EXFO. Postupně došlo opět k proměření všech tras se zapojením OTDR ze strany rozvaděče a ze strany kabelu. Ze všech měření jsem získal grafická vyjádření trasy.

Výhodou metody OTDR je její široké uplatnění jak v laboratořích, tak i v polních podmínkách, dále schopnost měření pouze z jednoho konce optického vlákna v kabelu, názorné zobrazení kvality celého měřeného úseku optické trasy, dále umožňuje např. také měřit útlum odrazu konektorů atd. Nevýhodou je mrtvá zóna, již lze eliminovat pomocí předřadného optického vlákna s délkou až několik km, ale hlavně to, že výsledky měření nejsou dobře reprodukovatelné, jelikož výslednou hodnotu celkového útlumu optického vlákna ovlivňuje celá řada faktorů, z tohoto důvodu jsou při předávání optické trasy provozovateli součástí příslušné technické dokumentace získané průběhy útlumů z refraktometru OTDR a střední hodnoty útlumů všech optických vláken trasy změřených oběma směry přímou metodou.

5 Návrh pracoviště a laboratorní úlohy

Posledním bodem diplomové práce je návrh pracoviště a laboratorní úlohy pro posluchače na téma vystrojení optického rozvaděče.

Zadání

Vystrojte optický rozvaděč vhodnými rozhraními. K vystrojení použijte dva typy spojování optických vláken, tj. svařování a spojkování.

Teorie

Optické rozvaděče umožňují spojování a rozpojování optických kabelů a zabezpečují mechanickou ochranu spojů. Spoje jsou realizovány permanentními nebo rozebíratelnými spoji. Pro vystrojování rozvaděčů se používají permanentní spoje realizované buď svařování anebo optickými (mechanickými) spojkami, jež mohou být rozebíratelné anebo nerozebíratelné. Spojení pomocí svaru je nejkvalitnější spojení, protože vykazuje malý vložný útlum 0.01-0.05dB. Svařování se realizuje roztavením obou vláken pomocí elektrického oblouku. Spojení mechanickými spojkami se realizují zastrčením obou konců vláken do optické spojky a mají vložný útlum podobný jako u konektorů, někdy menší 0.1-0.3dB. Pro zmenšení Fresnelových ztrát je uvnitř spojky použit gel s indexem lomu podobným indexu lomu jader spojovaných vláken.

Optická spojka typicky vnáší do trasy útlum, tj. dochází při spojení dvou vláken ke ztrátě energie – ta uniká ze spoje ve formě radiačních vidů, částečně rozptylem záření nebo Fresnelovým odrazem. Tento útlum se specifikuje jako vložný útlum A_{vl} . U většiny spojek dochází taktéž k odrazu zlomku záření, jeho velikost se kvalifikuje parametrem útlum odrazu A_{odr} .

$$\text{Vložný útlum spojky: } A_{vl} = 10 \cdot \log \frac{P_{dop}}{P_{prů}} \text{ [dB]} \quad (5.1)$$

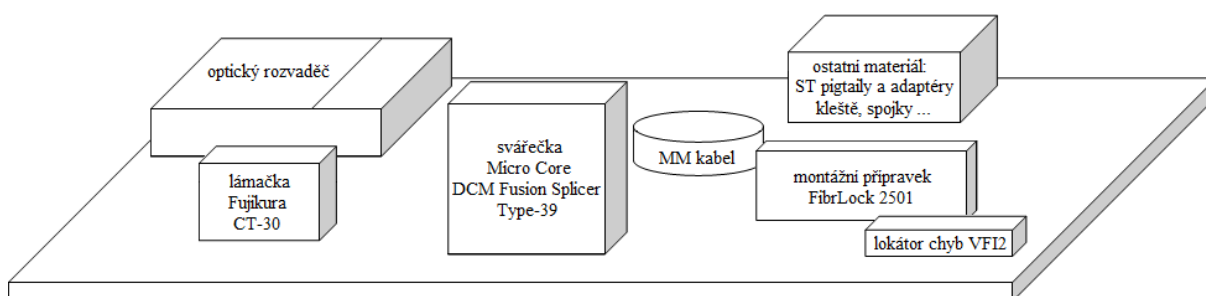
$$\text{Útlum odrazu spojky: } A_{odrazu} = 10 \cdot \log \frac{P_{odr}}{P_{dop}} \text{ [dB]} \quad (5.2)$$

Použité přístroje a materiál

- dvoukřídlový rozvaděč s kazetou,
- svářečka MICRO CORE DCM Fusion splicer Type-39,

- lámačka Fujikura CT-30 Fiber Cleaver,
- montážní přípravek FibrLock 2501,
- zdrhovací kleště Miller/Ripley, odizolovací kleště od firmy Hintermaier GmbH Abisolier-Technik model 1287,
- isopropylalkohol s ubrousky,
- multimódový kabel 62.5/125 mm (6 vláken),
- ST pigtaily (12ks),
- ST adaptéry (6ks),
- spojky – FibrLock II (1ks), kapilára (1ks),
- teplem smrštitelné ochrany svaru,
- lokátor chyb NOYES VFI2.

Pracoviště



Postup

1. Do optického rozvaděče připevníme optickou kazetu. Připravený MM kabel prostrčíme kabelovým otvorem do rozvaděče a nevineme ho na držák kabelu (rezerva 1-2m).
2. Odstraníme primární ochranu kabelu pomocí nože v dostatečné délce.
3. Získaná optická vlákna částečně navineme (uložíme) do kazety do příslušných drážek, ponecháme potřebnou délku vláken pro realizaci spojů.
4. Provedeme spojení vláken s připravenými pigtaily následujícím způsobem:
 - 4.1 Svařování:
 - a) Na vlákno navlečte ochranu svaru.
 - b) Odstraňte primární ochranu vlákna v délce cca 2cm – k tomuto účelu použijte jedny z připravených kleští – ochranu odstraňujte po malých kouscích, aby nedošlo ke zlomení vlákna, poté kapesníčkem namočeným v izopropylalkoholu očistěte část vlákna zbaveného primární ochrany.

- c) Připravené vlákno založte do V-drážky v optické lámačce tak, aby rozhraní mezi vláknem s ochranou a bez ochrany byl cca na úrovni čísla 12 na destičce před hrotem a konec vlákna bez ochrany byl umístěn v malé nádržce za hrotem.
- d) Zalomte optické vlákno pomalým nepřerušovaným tlakem na zalamovací rameno.


Pozor: Při nadměrném a rychlém stisku by mohlo dojít ke špatnému zalomení vlákna anebo k poškození hrotu optické lámačky!

- e) Zalomené vlákno uložte do V-drážky svářečky, aby konec vlákna byl co nejbližší rozhraní mezi svářecími elektrodami, vlákno zaaretujte aretovacími klapkami.

Pozor: Vláknem v úseku mezi aretovacími klapkami musí být bez ochrany, protože nebude možné manipulovat s vláknem v drážce, přechod mezi vláknem bez ochrany a s ochranou byl na destičce na úrovni čísla 12!

- f) Postup popsany v bodech b) až e) opakujte pro pigtail s ST konektorem.



- g) Zavřete víko svářečky a stiskněte tlačítko . Svářečka zahájí proces automatického nastavení vláken, aby byly co nejlépe souose nastaveny. Na displeji se zobrazí zpráva o tom, jaká vlákna budeme svařovat a vyobrazení vláken v rovině X a Y.



- h) Dalším stisknutím tlačítka  zhotovíte svár.

Poznámka: Pokud nebudou vlákna kvalitně zalomena, svářečka neprovede svár a na displeji zobrazí hlášení o chybném stavu zalomení příslušného vlákna. Je tedy potřeba postup se zalomením vlákna zopakovat. Anebo nastane případ, že i přes nekvalitní zalomení je svár zhotoven, ale vykazuje příliš velký útlum, což je nepřijatelné, a tzn., že je nutné zopakovat celý postup pro obě vlákna, tj. body b) až e).

- i) Pokud byl svár zhotoven, svářečka automaticky změří útlum sváru. Kvalitu sváru můžete také zhodnotit použitím lokátoru chyb, který prosvítí vzniklý spoj.
- j) Na zkontrolovaný svár navlečte ochranu sváru, vložte do píčky svářečky (na střed) a zhotovte ochranu vlákna proti mechanickému poškození.
- k) Celý postup zopakujte pro další tři vlákna.

4.2 Spojkování:

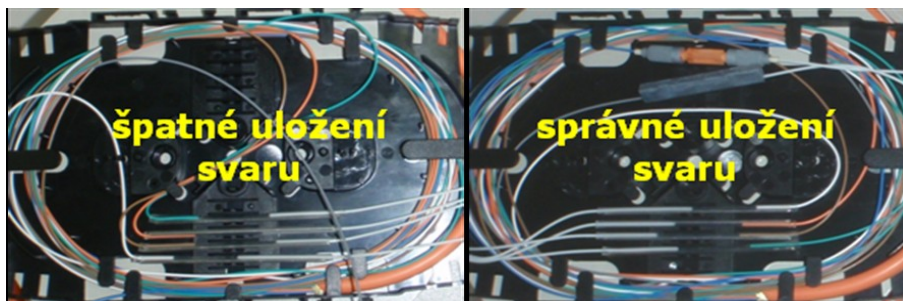
- a) Připravte obě vlákna podle postupu uvedených v odstavci 4.1 v bodech b) až d) jen s tím rozdílem, že rozhraní mezi vláknem s ochranou a bez ochrany bude cca na úrovni čísla 14 na destičce před hrotem.
- b) Pigtail zapojte do lokátoru chyb.
- c) Vytvořte mechanické spoje následovně:

I. Kapilára

- zasuněte vlákna z obou stran do spojky,
- doladíte pozici vláken ve spojce pomocí lokátoru chyb až do doby, kdy bude vyzařování mimo spojku co nejmenší,
- zaaretujete vlákna pomocí aretačních matek.

II. FibrLock II

- založte spojku do montážního přípravku uzávěrem nahoru,
 - zastrčte konce vláken do spojky a pozici vláken doladíte opět pomocí lokátoru,
 - vlákna s ochranou zasuněte do V-drážky montážního přípravku – ponechte vůli vláken, a znovu zkontrolujte pozici vlákna ve spojce,
 - pomocí ramena přípravku uzavřete spojku.
5. Vzniklé spoje prověřte pomocí lokátoru chyb.
6. Zbylé části vlákna s ochranou navíjete do kazety a spojky uložíte do hřebínku v kazetě. Dbejte přitom na správné uložení svarů do kazety.



Obr. 5.1 Uložení vláken a svarů

7. Do připravených otvorů v rozvaděči zasuněte ST adaptéry a do nich naspojované/navážené ST pigtaily.

Závěr

Optické sítě dnes tvoří základní stavební článek všech výkonných a spolehlivých datových sítí. Vzhledem k tomu, že se jedná o relativně mladou technologii, která se stále vyvíjí a zdokonaluje, stále nepatří k nejlevnějším. I přesto stále narůstají požadavky na vyšší datovou prostupnost sítí jako je, rychlý přístup k internetu, IPTV nebo video na vyžádání, tyto služby však významně navyšují datové toky. Pro příklad, jeden televizní program vysílaný v kvalitě HD může mít i po kompresi MPEG-4 datový tok 19Mbps. A při řešení těchto problémů nám mohou dobře posloužit právě optická vlákna.

Každé optické vlákno je nutné zakončit. K tomuto účelu slouží optické rozvaděče, které umožňují spojování a rozpojování optických kabelů a zabezpečují mechanickou ochranu spojů. Rozvaděče jsou nabízeny různými výrobci v široké škále provedení a umožňují uložení celé škály optických konektorů (svárů), nejčastěji se využívají konektory typu SC, FC, LC, ST a E2000 vhodných jak pro SI tak MM vlákna.

Spojování vláken v optických rozvaděcích může být prováděno svařováním, což je nejspolehlivější cesta jak spojit dva konce optického vlákna, anebo spojky, mezi kterými v současné době velkého boomu dosahuje systém FibrLock II od společnosti 3M. Vlastní spojování se může také provádět speciálním lepením. Propojovat se mohou buď přímo vlákna anebo vlákno na pigtail. Pokud jsou vlákna svařována je nutné sváry optických vláken chránit pomocí smršťitelné, nebo krimpovací ochrany, bužírky. Po kompletaci optických rozvaděčů je provedeno certifikační měření útlumu, které je velice nízké – řádově v setinách dBi.

Při spojování optických kabelů lze u kabelů s menším počtem vláken svařovat jedno optické vlákno po druhém, a to buď elektrickým obloukem nebo laserem či je spojit mechanickými konektory. U optických kabelů s velkým počtem optických vláken se praktikuje hromadné spojování optických vláken tak, že se svařuje najednou všech 8, 10 nebo 12 optických vláken v pásku, popř. modulu optického kabelu s válcovými drážkovými jádry.

V lokálních počítačových, účastnických, ale i místních sítích lze pro spojování optických vláken použít tzv. mechanické spojky optických vláken. Prostor v mechanické spojkce, kde dochází ke styku čel spojovaných optických vláken, je opatřen imerzním gelem, jehož hodnota indexu lomu se blíží hodnotě indexu lomu materiálu jádra optického vlákna, a tím se dosáhne, že útlum odrazu tohoto spojení je větší než 50dB a střední hodnota vložného útlumu je menší než 0.2dB.

Spojování vláken a konektorů musí být velmi precizní, aby na každém spoji došlo k co nejmenšímu útlumu. Veškerá manipulace s optickými vlákny by měla být prováděna za sucha, ale s vlákny lze manipulovat i za deště, podstatné je ovšem zabránit vlhkosti, jelikož konce vláken je

nutné před vlhkostí chránit. Na konektory jsou kladeny hlavně požadavky na malý vložný útlum, velký útlum odrazu, vysokou životnost a spolehlivost a to zejména s ohledem pro jejich časté spojování a rozpojování.

V našem případě bylo použito MM optického kabelu o parametru 62.5/125 μ m a 6ti vláknech, tzn., spojování proběhlo vlákno po vlákne. Postupně byly vytvořeny 4 svary a 2 mechanické spojky mezi vlákny kabelu a pigtaily ukončenými ST konektory. Postup je uveden v kapitole 4 spolu se všemi kroky vystrojení optického rozvaděče. Všechny spoje byly prověřeny pomocí lokátoru chyb, ačkoli spoje vždy vykazovaly drobné ztráty, způsobené především nezkušeností obsluhy, byly zhotoveny velmi precizně, což potvrzují hlavně u svarů hodnoty útlumu zjištěné pomocí svářečky.

Na základě vlastních zkušeností jsem poté navrhl pracoviště pro vystrojení optického rozvaděče a vytvořil návod laboratorní úlohy pro posluchače.

Ačkoli nebylo součástí zadání diplomové práce celkové proměření sestrojených tras, provedl jsem kontrolní měření skládající se z použití dvou metod – přímé (metoda vložných ztrát) a metoda zpětného rozptylu (OTDR). K tomuto účelu byly navařeny na volný konec kabelu pigtaily a následně provedena měření na vlnových délkách 850 a 1300nm a to se zapojením měřících přístrojů na obou stranách (rozvaděče i volného kabelu). Získané hodnoty a grafická vyjádření tras jsou uvedeny v Přílohách 4 a 5.

Při měření byly zjištěny nežádoucí hodnoty útlumu, za jejichž původce bych označil zejména dva faktory, na jedné straně použitými adaptéry a konektory, neboť v nich vznikají ztráty, čímž dochází ke zhoršení vložného útlumu trasy a to v důsledku častého použití jako výukový materiál v laboratořích a na druhé straně příliš malou délkou trasy, čímž mohly vzniknout nepřesnosti měřících zařízení.

Z tohoto důvodu je při projektování optických tras snahou, aby se v opakovacích úsecích objevovalo pouze nezbytné množství spojek, a proto se používají velmi dlouhé kabely. Každé spojení optického vlákna, resp. každá optická spojka zvyšuje celkový útlum optické trasy a navíc zvyšuje i pravděpodobnost vzniku možné poruchy. Z těchto důvodů se optické kabely zatahují či zafukují do trubek HDPE i přes více kabelových komor a v dálkových sítích se ukládají výrobní délky 2km, 4km, ale i 6km dlouhé.

Literatura

- [1] <http://www.conteg.cz/produkty/>
- [2] <http://www.triton.cz/index.php?page=1&path=000>
- [3] <http://www.krt.cz/>
- [4] <http://www.optickekabely.cz/>
- [5] <http://www.opticord.cz/>
- [6] <http://www.optocon.sk/?produkty&kategoria=opticke-siete>
- [7] <http://www.seikoh-giken.co.jp/en/products/fiber.html>
- [8] <http://www.huihongfiber.com/>
- [9] <http://www.rlc.cz/>
- [10] <http://www.twfiber optic.com/>
- [11] http://opticon.edituj.cz/index.php?id_document=40940
- [12] <http://www.hubersuhner.com/mozilla/products/hs-fiberoptics.htm>
- [13] Gerschau, L.: Strukturierte Verkabelung /Komponenten, Kriterien, Standards/. DATACOM – Buchverl. Bergheim, 1995
- [14] Kierý, H.-J.; Köhler, R.-D.; Wilhelm, A.: IT-Verkabelungssysteme /Grundlagen, Normen, Konzepte, Praxis/. FOSSIL-Verlage Köln, 2004



Přílohy

- 1 Srovnání typů rozvaděčů od firmy CONTEG spol. s.r.o.
- 2 Typy broušení ferulí
- 3 Typy patchcordů
- 4 Přímá metoda – získané hodnoty útlumu
- 5 Grafické záznamy získané při použití OTDR